

Serie de Publicaciones Periódicas



Noviembre de 2011

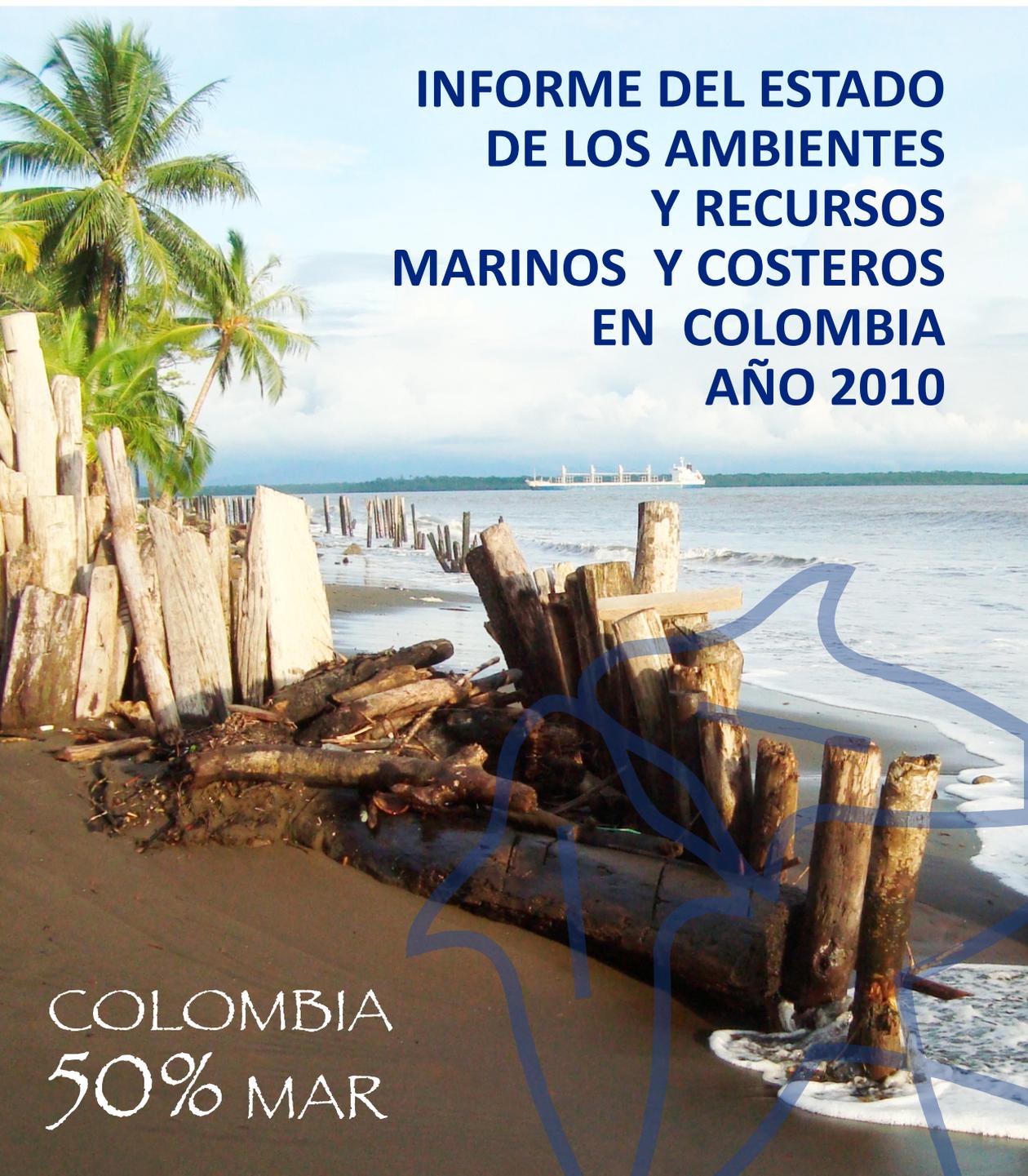
Número 8

Santa Marta, Colombia

ISSN: 1692-5025

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés", Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

INFORME DEL ESTADO DE LOS AMBIENTES Y RECURSOS MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA AÑO 2010



COLOMBIA
50% MAR

**INFORME DEL ESTADO
DE LOS AMBIENTES
Y RECURSOS
MARINOS Y COSTEROS
EN COLOMBIA
AÑO 2010**



INVEMAR

Instituto de Investigaciones Marinas
y Costeras "José Benito Vives de
Andrés" **INVEMAR**

Cerro Punta Betín.
Santa Marta D.T.C.H.
PBX: (+57)(+5) 432 86 00
Fax: (+5) 432 86 94
A. A. 1016
www.invemar.org.co

Director General

Francisco Armando Arias Isaza

**Subdirector Coordinación de
Investigaciones (SCI)**

Jesús Antonio Garay Tinoco

**Subdirector Recursos y Apoyo
a la Investigación (SRA)**

Carlos Augusto Pinilla González

**Coordinador Programa de
Biodiversidad y Ecosistemas
Marinos (BEM)**

David Alejandro Alonso Carvajal

**Coordinadora Programa
Calidad Ambiental Marina
(CAM)**

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

**Coordinadora Programa
Geociencias Marinas y Costeras
(GEO)**

Georgina Guzmán Ospitia

**Coordinadora Programa Investigación
para la Gestión Marina y Costera
(GEZ)**

Paula Cristina Sierra Correa

**Coordinador Programa Valoración y
Aprovechamiento de Recursos
(VAR)**

Mario Enrique Rueda Hernández

**Coordinador Servicios Científicos
(CSC)**

Oscar David Solano Plazas

Santa Marta, 2011

Coordinación General

Jesús Antonio Garay Tinoco

Autores

1. Blanca Oliva Posada, Daniel Mauricio Rozo, Jiner Bolaños y Anny Zamora.
2. Blanca Oliva Posada y Georgina Guzmán Ospitia.
3. Lizbeth Janet Vivas-Aguas, Sílvia Narváez y Marko Tosic.
4. Johanna Vega-Sequeda, Raúl Navas-Camacho, Kelly Gómez-Campo, Tomás López-Londoño y Diego Luis Duque (PNNCRSB).
5. Alianis Orjuela, Carlos Villamil y Laura Perdomo.
6. Diana Isabel Gómez López.
7. Christian Michael Díaz Sánchez y Angélica María Batista-Morales.
8. Erika Montoya Cadavid.
9. Adriana Gracia-Clavijo, Johanna Medellín-Mora, Manuel Garrido-Linares, Edgar Arteaga-Sogamoso y Andrés Merchán-Cepeda.
10. Mario Rueda, Efraín Viloria-Maestre, Farit Rico-Mejía, Danecty Mármol, Jorge Viaña-Tous, Javier Gómez-León, Marisol Santos-Acevedo, Carlos Andrés Puentes-Acosta y Luz Marelvis Londoño-Díaz.
11. Pilar Lozano-Rivera, Ángela López Rodríguez y Paula Cristina Sierra-Correa.

Con aportes de

2. J.I. Martínez, Y. Yokoyama, A. Gómez, A. Delgado, H. Matsuzaki y E. Rendón (Eafit); A.C. Casas-Serrano y L.A. Martínez-Whisman(UJTL y PNNCRSB); M. Guerrero, D. Moreno y A. Arrieta (Universidad de Cartagena); J.E. Gutiérrez, M.G. Puentes, E. Rodríguez-Rubio y R. Sánchez (CCCP); J.I., Martínez, A. Benway y H. Giraldo; Colciencias y Gobernación del Magdalena.
3. E. Rodríguez-Rubio, M.G. Puentes y Diana E. Rodríguez-Cuitiva(CCCP); C. Piedrahita, J.J. Selvaraj y A. Guzmán-Alvis(DIPal-Unal), y M. Carvajalino-Fernández y W. Troncoso-Olivo (Unimagdalena-INVEMAR).
6. M.R. Albis (Unal-Sede Caribe); E. Lugo (Universidad de Córdoba); E. Zarza (PNNCRSB); C. García Llano (PNNT), y C.M. Botero (Unimagdalena).
8. E. Viloria-Maestre, M. Rueda, J. Ortiz y S. Espinosa Guerrero (INVEMAR) y F. Paschke (Eafit).
9. M. Ahrens, A. Franco Herrera y L.A. Vidal (UJTL); M. Benavides, G. Borrero, P. Flórez y L.M. Mejía-Ladino (INVEMAR); J.R. Cantera y Alan Giraldo (Univalle); M. López-Victoria (Universidad Justus-Liebig); E. Ortiz (Unal); J.A. Quirós R.(Universidad de Córdoba); J. Reyes F.; N. Santodomingo y Asociación Calidris

Coordinación editorial

Angélica María Castrillón-Gálvez

Coordinadora de Divulgación

Carátula

Estructura de mitigación frente a procesos de erosión costera en el Pacífico colombiano.
(Fotografía: Archivo GEO-INVEMAR)

Diseño e impresión

LITOFASH

Las líneas de delimitación fronteriza presentados en este documento, son una representación gráfica aproximada con fines ilustrativos solamente.

Derechos Reservados conforme a la ley, los textos pueden ser reproducidos total o parcialmente citando la fuente.

Citar la obra completa:

INVEMAR. 2011. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 322 Pág.

Citar capítulos:

Autores. 2011. Título del capítulo. (intervalo de páginas ej: 10-25). En: INVEMAR. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, 322 Pág.

ISSN: 1692-5025

Palabras clave: ambientes marinos, aguas marinas, recursos costeros, recursos marinos, ecosistemas marinos, Colombia.



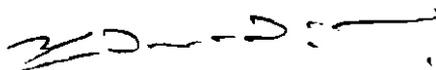
PRESENTACIÓN

Dando cumplimiento al compromiso establecido al interior del Sistema Nacional Ambiental (Sina), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR) entrega una completa actualización del 'Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia' (Año 2010), publicación periódica que compila los más representativos avances y estudios concentrados en los recursos y ecosistemas marino-costeros en Colombia.

Esta publicación agrupa una trayectoria de más de una década de reportes anuales, que la convierten en un referente para la investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos del país. Lo anterior, propendiendo por el uso sustentable y racional de estos recursos, y la recuperación de los ecosistemas afectados por las actividades humanas en los litorales y cuencas marinas nacionales, en pro del mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos.

Así, en la presente versión el lector encontrará referencias actualizadas de estudios realizados con antelación a 2009 y nuevas, abiertas a las luz pública durante 2010.

El 'Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia' puede ser consultado en físico y en línea desde el sitio www.invemar.org.co por la comunidad académica y científica; los sectores gubernamental, productivo y la empresa privada; las comunidades asentadas en las zonas marino-costeras del país y demás usuarios interesados en documentarse acerca del estado de los recursos y ambientes marino-costeros de Colombia.



FRANCISCO ARMANDO ARIAS ISAZA
DIRECTOR GENERAL

CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I - MARCO GEOGRÁFICO	
1.	Marco geográfico 27
1.1	Características generales de la Región Caribe 27
1.1.1	Región Caribe Continental 29
1.1.2	Hidrografía 30
1.2	Características generales de la Región Caribe Insular Oceánica 31
1.2.1	Fisiografía 32
1.2.2	Hidrografía 32
1.3	Características generales de la Región Pacífica
	Continental e Insular 32
1.3.1	Fisiografía 33
1.3.2	Hidrografía 34
1.4	Literatura citada 34
 CAPÍTULO II – ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE ABIÓTICO MARINO Y COSTERO	
2.	Aspectos físicos 39
2.1	Región Caribe Continental 39
2.1.1	Evaluación de las zonas críticas del departamento de
	La Guajira, Caribe colombiano: corregimiento de
	El Pájaro y Punta de los Remedios 39
2.1.2	Estudios para determinar las alternativas de solución
	a los problemas de erosión costera del municipio de
	Turbo, departamento de Antioquia 42
2.1.3	Programa de investigación en erosión costera del
	Caribe colombiano—Análisis y valoración de los
	procesos erosivos en la costa continental e insular
	del Caribe colombiano 45
2.1.4	Aportes realizados sobre los temas físicos por otras
	instituciones en el caribe 46
2.2	Región Caribe Insular 47
2.2.1	Diagnóstico sobre la erosión de la línea de costa
	(1954-2007) en las islas Grande, Tesoro y Rosario,
	archipiélago de Nuestra Señora del Rosario—Caribe
	colombiano 47

2.3	Región Pacífica Continental	48
2.3.1	Evaluación de zonas críticas del departamento del Chocó	48
2.3.2	Aportes realizados sobre los temas físicos por otras instituciones en el Pacífico	58
2.4	Literatura citada	60
3.	Calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos	63
3.1	Fuentes terrestres de contaminación de las aguas marinas y costeras	64
3.2	Estado actual de la calidad de las aguas marino-costeras del Caribe y Pacífico colombianos	67
3.2.1	Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM _{PFF})	68
3.2.2	Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM _{RAP})	71
3.3	Otras contribuciones al conocimiento de la calidad de las aguas costeras de Colombia	74
3.3.1	Hidrodinámica en la Bahía de Tumaco como agente en los procesos de transporte y arrastre de hidrocarburos y determinación del mapa de sensibilidad como herramienta auxiliar para el monitoreo ambiental	74
3.3.2	Detección de los florecimientos de algas usando datos de fluorescencia MODIS en el Pacífico colombiano	75
3.3.3	Variación de la calidad ambiental en la Bahía de Buenaventura evaluada con bioindicadores bentónicos	76
3.3.4	Caracterización microbiológica de la Bahía de Tumaco y de las aguas de lastre de los buque-tanques que arriban al puerto de Tumaco	78
3.3.5	Efecto de diversos métodos de preprocesamiento matemático al completar datos faltantes en los monitoreos del complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, mediante el enfoque de atípicos aditivos	78
3.4	Conclusiones	79
3.5	Literatura citada	80

CAPÍTULO III - ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

4.	Estado del conocimiento de los arrecifes coralinos	88
4.1	Importancia, distribución y extensión de los arrecifes de coral	88
4.2	Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac)	89
4.2.1	Estado de los arrecifes de coral en las áreas de monitoreo Simac	90
4.2.2	Cobertura de los principales componentes del sustrato arrecifal	92
4.2.3	Ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales	94
4.2.4	Densidad de invertebrados vágiles	96
4.2.5	Peces arrecifales.	98
4.2.6	Blanqueamiento coralino masivo en Colombia durante el año 2010.	104
4.3	Conclusiones y recomendaciones.	110
4.4	Contribuciones al estado del conocimiento de los arrecifes de coral	112
4.5	Literatura citada	115
5.	Estado del conocimiento de los manglares	121
5.1	Definición e importancia.	121
5.2	Normatividad vigente y manejo	125
5.3	Panorama nacional	131
5.4	Adelantos y esfuerzos investigativos durante 2010	133
5.4.1	Departamento de Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	133
5.4.2	Departamento de La Guajira	134
5.4.3	Departamento del Magdalena	135
5.4.4	Departamento de Córdoba	137
5.4.5	Departamento del Cauca	138
5.4.6	Departamento de Sucre	139
5.5	Conclusiones.	140
5.6	Literatura citada	141
6.	Estado del conocimiento de los pastos marinos	
6.1	Definición e importancia	145
6.2	Distribución de los pastos marinos en el Caribe colombiano	147
6.3	Estado actual.	148



6.4	Contribuciones al conocimiento de los pastos marinos	151
6.4.1	Características estructurales y fisiológicas de las praderas de <i>Thalassia testudinum</i>	152
6.4.2	Caracterización estructural y funcional de las praderas de <i>Thalassia testudinum</i> , (Banks ex cöning, 1805) en los sectores litorales de punta Calao y punta Bello, Córdoba-Colombia	152
6.5	Conclusiones	153
6.6	Recomendaciones	153
6.7	Literatura citada	154
7.	Estado del conocimiento de los litorales rocosos	155
7.1	Definición, clasificación e importancia	155
7.2	Distribución de litorales rocosos en Colombia	157
7.3	Estado actual del conocimiento	164
7.4	Estado actual del conocimiento sobre la biodiversidad	169
7.5	Conclusiones	171
7.6	Literatura citada	172
8.	Estado del conocimiento de los fondos blandos	175
8.1	Definición, localización e importancia	175
8.2	Estado del conocimiento	175
8.3	Compendio de estudios relativos al ecosistema de fondos blandos	181
8.3.1	Nuevos estudios	181
8.3.2	Listado complementario de estudios efectuados en años anteriores	184
8.4	Conclusión	186
8.5	Literatura citada	187

CAPÍTULO IV - ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES

9.	Diversidad de especies marinas	195
9.1	Estado del conocimiento de la biodiversidad de especies de los principales grupos marinos en el Caribe y Pacífico colombianos	195
9.1.1	Comunidad planctónica	199
9.2	Especies por ecorregiones marinas	204
9.3	Aportes en sistemática y taxonomía (2010)	207
9.4	Conservación y diagnóstico de especies amenazadas	214
9.5	Estudios de caso	219

9.5.1	Pepinos de mar (Echinodermata: Holothuroidea: <i>Aspidochirotida</i>)	219
9.5.2	Corales Escleractinios de Colombia	221
9.5.3	Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano	221
9.5.4	Evaluación de bioinvasiones marinas en humedales costeros y su relación con el tráfico marítimo en tres zonas portuarias mayores del Caribe colombiano: Cartagena, Santa Marta y Coveñas	222
9.5.5	El papel de la salinidad en las asociaciones de larvas de organismos marinos de Bahía Málaga (Pacífico colombiano)	224
9.6	Conclusiones	225
9.7	Literatura citada	227

CAPÍTULO V - ESTADO DE LOS RECURSOS SOMETIDOS A EXPLOTACIÓN

10.	Estado de los recursos sometidos a explotación	253
10.1	Recursos sometidos a explotación por pesca marina en Colombia	253
10.1.1	Pesca industrial y artesanal en el océano Pacífico colombiano	254
10.1.2	Pesca industrial y artesanal del Caribe colombiano	256
10.2	Pesquerías artesanales claves en Colombia	258
10.2.1	Producción pesquera en la CGSM	258
10.2.2	Estado de la explotación en la CGSM	261
10.3	Efectos sobre la biodiversidad debidos a la pesca	264
10.3.1	La pesca industrial de camarón en el Pacífico colombiano	264
10.3.2	La pesca industrial de camarón en el Caribe colombiano	269
10.3.3	Pesca artesanal: caso CGSM	273
10.4	Recursos sometidos a explotación por acuicultura y bioprospección en Colombia	273
10.4.1	Acuicultura marina	274
10.4.2	Bioprospección	279
10.5	Estado de avance en la valoración de los ambientes marinos y costeros en Colombia	282
10.6	Literatura citada	294

CAPÍTULO VI - ESTADO DEL MANEJO DE LOS AMBIENTES MARINOS Y COSTEROS

11.	Avances en la implementación de instrumentos de planificación para zonas marinas y costeras	303
11.1	Contexto nacional e internacional	303
11.2	Formulación del indicador	306
11.3	Reporte del indicador	308
11.3.1	Existencia y estado de avance en la implementación de Planes de Manejo Integrado en las UAC	308
11.3.2	Fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero: número de personas capacitadas	312
11.4	Literatura citada	322

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Localización zona terrestre-costera de Colombia (Modificado de IGAC 2002).....	28
Figura 2.1.	a) Estado de la playa frente al corregimiento El Pájaro. b) Vista del acantilado bajo el parque al costado occidental del corregimiento Punta de los Remedios.	40
Figura 2.2.	Zona de estudio del proyecto.....	42
Figura 2.3.	Posiciones de la línea de costa para los años 1959 y 2010 en el sector Punta Rica-Punta Yarumal, donde se muestran los valores de la variación (retroceso o avance). (D: desplazamiento; TD: tasa de desplazamiento).....	44
Figura 2.4.	Vista área de la isla barrera (Ibr) donde está asentada la población de Juradó. También se distinguen la playa (P), los pantanos de manglar (Pm) y parte del valle aluvial (Va) y cauce fluvial (Cf) del río Apartadó. Fotografía tomada del municipio de Jurado (2005).	49
Figura 2.5.	Erosión del talud de la superficie donde se encuentra localizado el cementerio (izquierda). Remanente de un acceso de cemento que conducía al cementerio y que colapsó debido a la socavación por parte del río (derecha).....	50
Figura 2.6.	Movimientos en masa recientes en el depósito de coluvión, sector del puerto de la ESSO (izquierda). <i>Box coulvert</i> parcialmente colapsado debido a socavación lateral del talud (derecha)	51
Figura 2.7.	Erosión de orillas en el río Ancachí (izquierda). Erosión causada por un estero al lado de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Nuquí (derecha).....	53
Figura 2.8.	Viviendas colapsadas por la intensa erosión marina (izquierda). Palmeras desarraigadas y colapsadas, y erosión del talud por escorrentía y socavación en las playas de Jurubirá (derecha).....	54
Figura 2.9.	Retroceso del talud de la terraza en la población de Puerto Rey de Purricha (izquierda). Retroceso de la costa en el sector de Sivirú con cercas de troncos destruidas (derecha).....	55

Figura 2.10. Escarpes de erosión en las playas de Charambirá (izquierda). Viviendas palafíticas que antes estaban en tierra firme en Pichimá, hoy están encima del mar debido al retroceso de la línea de costa (derecha).....57

Figura 3.1. Principales fuentes terrestres de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. (Fuente: IGAC, 2002, 2010; Supertransporte, 2008; DANE, 2009).....65

Figura 3.2. Distribución de las descargas de contaminantes que aportaron los principales ríos a la zona costera del Caribe y Pacífico colombianos.....66

Figura 3.3. Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para preservación de flora y fauna ($ICAM_{PFF}$) entre 2009 (A) y 2010 (B) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1). S: época seca y L: época lluviosa.70

Figura 3.4. Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la RedCAM evaluados con el índice para preservación de flora y fauna ($ICAM_{PFF}$) en el período 2008 -2009. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa.71

Figura 3.5. Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para recreación, actividades náuticas y pesca ($ICAM_{RAP}$) entre 2009 (A) y 2010 (B) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría por cada departamento, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa. S: época seca y L: época lluviosa.72

Figura 3.6. Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la RedCAM evaluados con el índice para recreación, actividades náuticas y pesca ($ICAM_{RAP}$) en el período 2009 -2010. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa.73

Figura 4.1.	Estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del Simac en áreas coralinas del Caribe y Pacífico colombianos.	90
Figura 4.2.	Variación interanual de la cobertura de corales duros y de algas en las áreas de monitoreo Simac evaluadas en el año 2010. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo. CV corresponde al coeficiente de variación de los valores históricos de cada componente por área.....	93
Figura 4.3.	Variación interanual de la ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en los corales duros evaluados en las áreas de monitoreo Simac en el Caribe colombiano en 2010. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	95
Figura 4.4.	Abundancia de erizos (erizos/20 m ²) en las áreas de monitoreo del Simac. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	97
Figura 4.5.	Tendencias de la abundancia de la familia Pomacentridae en áreas de monitoreo Simac: Tayrona (TAY; Chengue), Islas del Rosario (IROS), Islas de San Bernardo (ISB), Isla Fuerte (IFUI) y Malpelo (MAL). Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.	99
Figura 4.6.	Caribe: tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE), Scaridae (SCA), en las áreas de monitoreo Tayrona (Chengue), Islas del Rosario, Islas de San Bernardo e Isla Fuerte. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.....	101
Figura 4.7.	Pez loro (<i>Sparisoma viride</i>) en la estación de la bahía de Chengue (PNNT).....	102
Figura 4.8.	Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Carangidae (CAR), Serranidae (SER), en el área de monitoreo de Malpelo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.	103

Figura 4.9a. Mapas de predicción de la NOAA mediante el índice DHW para el 4 de octubre de 2010 en el Gran Caribe. El DHW muestra el tiempo en semanas del estrés térmico acumulado en la superficie del mar. La malla de colores inferior tiene una escala de 0 a 16 grados-semanas, donde valores superiores a 4 (color verde a morado) indican que existe un mayor riesgo de presentarse un evento de blanqueamiento.106

Figura 4.9b. Mapa de predicción de la NOAA mediante el índice DHW para el 22 de agosto de 2005 en el Gran Caribe. El DHW muestra el tiempo en semanas del estrés térmico acumulado en la superficie del mar. La malla de colores inferior tiene una escala de 0 a 16 grados-semanas, donde valores superiores a 4 (color verde a morado) indican que existe un mayor riesgo de presentarse un evento de blanqueamiento.107

Figura 4.10a. Temperatura superficial del mar (SST) mensual y el grado de duración del calor en semanas de la SST (DHW) desde 2001 hasta el 2011 para las Islas de San Bernardo. La línea delgada negra corresponde a los datos de SST de 2010 y la línea verde, corresponde a los datos de SST de 2005. (Fuente: estaciones virtuales de alerta de blanqueamiento de la NOAA (NOAA, 2011b))......108

Figura 4.10b. Temperatura superficial del mar (SST) mensual y el grado de duración del calor en semanas de la SST (DHW) desde el año 2001 hasta el 2011 para Santa Marta. La línea delgada negra corresponde a los datos de SST de 2010 y la línea verde corresponde a los datos de SST del 2005. (Fuente: estaciones virtuales de alerta de blanqueamiento de la NOAA (NOAA, 2011b))......109

Figura 4.11. Formaciones coralinas afectadas por el evento masivo de blanqueamiento en 2010 en la bahía de Chengue (PNNT) (A-B) y Tiosolda (PNNCRSB) (C). Colonias del género *Montastraea* (A-C) fueron unas de las más perjudicadas por este fenómeno109

Figura 5.1. Distribución espacial de los manglares en el Caribe continental e insular colombiano.124

Figura 5.2. Distribución espacial de los manglares en el litoral Pacífico colombiano.125

Figura 6.1.	Medusa sobre una pradera de <i>Thalassia testudinum</i> en La Guajira	145
Figura 6.2.	Esquema general de la morfología de los <i>Thalassia testudinum</i> (Tomado de Díaz <i>et al.</i> , 2003)	146
Figura 6.3.	Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombianos. (Tomado de INVEMAR, 2002)	148
Figura 7.1.	Diferentes ambientes donde se pueden encontrar litorales rocosos en el Caribe colombiano. (Fotografías: Johanna Vega, funcionarios PNNCRSB, Christian Díaz y archivo Simac-INVEMAR).....	155
Figura 7.2.	Distribución de litoral y acantilado rocoso en las principales localidades del Caribe colombiano. a. La Guajira y Palomino; b. Tayrona; c. Archipiélagos coralinos del Rosario y barú; d. Palomino ; e. Darién. (Mapas elaborados por LabSIS del INVEMAR)....	162
Figura 7.3.	Distribución de litoral y acantilado rocoso para las principales localidades del Pacífico colombiano. a. Ecorregión PAN (Pacífico Norte) b. Ecorregión BUE (Buenaventura). (Mapas elaborados por LabSIS del INVEMAR).	164
Figura 7.4.	Número de estudios anuales con información sobre diferentes temáticas que tratan el litoral rocoso de Colombia, n= 153.	165
Figura 8.1.	Número de estudios asociados a fondos blandos por ecorregiones para el Pacífico y Caribe colombianos.	176
Figura 8.2.	Recuento histórico del número de trabajos relacionados con fondos blandos realizados entre 2000 y 2010 en Colombia.	177
Figura 9.1.	Recuento histórico de los trabajos realizados por año en sistemática y taxonomía desde el año 2000 hasta la fecha en el Caribe y Pacífico colombiano.	207
Figura 9.2.	Número de especies marinas para Colombia por grupo taxonómico categorizadas en la Lista Roja de la UICN. Número de especies marinas para Colombia por categoría presentes en la Lista Roja de la UICN. Extinto (EX), En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD).	215

Figura 9.3.	a. Número de especies marinas por grupo taxonómico categorizadas en los libros rojos de especies amenazadas de Colombia. b. Número de especies marinas por categoría presentes en los libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Extinto (EX), En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD).....	216
Figura 9.4.	Extracción de pepinos de mar en Bahía Portete, La Guajira (Fotografías: Olga Lara, 2006).	220
Figura 10.1.	Producción pesquera interanual industrial y artesanal para el Caribe y Pacífico colombianos (1990-2010). Datos tomados del liquidado INPA, del INCODER y del Convenio MADR-CCI 2011.	254
Figura 10.2.	Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).	255
Figura 10.3.	Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).	255
Figura 10.4.	Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).	256
Figura 10.5.	Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).	256
Figura 10.6.	Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).	257
Figura 10.7.	Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano en el 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).	257
Figura 10.8.	Variación anual de las capturas comerciales en la CGSM por grupos de especies (2000-2010).	258

Figura 10.9.	Composición de las capturas comerciales de moluscos y crustáceos (2000-2010).....	259
Figura 10.10.	Composición de las capturas comerciales de peces para la CGSM (2000-2010).	260
Figura 10.11.	Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio +EE) multiespecífica de peces para atarraya y trasmallo en la CGSM (2000-2010).....	260
Figura 10.12.	Variación anual de la captura promedio mensual (+EE) multiespecífica de peces y su ubicación respecto al PRL en la CGSM.....	261
Figura 10.13.	Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies ícticas de la CGSM y su ubicación con respecto al PRL (talla media de madurez sexual).	262
Figura 10.14.	Variación anual de la renta económica promedio mensual (\pm EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral: SMLMV.....	264
Figura 10.15.	Variación anual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas.	266
Figura 10.16.	Variación anual de la captura en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas.....	267
Figura 10.17.	Variación anual de la renta promedio por faena (\pm DE) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas. CT = Costos Totales.....	268
Figura 10.18.	Variación anual de las tallas media de captura (TMC) para las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano y su ubicación con respecto al PRL (Talla media de madurez sexual).	269

Figura 10.19. Variación anual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en la pesquería industrial de camarón del Caribe colombiano.	271
Figura 10.20. Variación anual de la captura desembarcada de camarón de aguas someras en el Caribe colombiano.	272
Figura 10.21. Variación anual de las tallas media de captura (TMC) para las hembras de (<i>F. notialis</i>) en la pesquerías de camarón del Caribe colombiano y su ubicación con respecto al PRL (Talla media de madurez sexual).	272
Figura 10.22. Composición porcentual por especies de la captura en peso discriminada por arte de pesca en la CGSM para 2010. (Fuente: SIPEIN ® V.3.0).....	273
Figura 10.23. Publicaciones por año relacionadas con bioprospección marina (énfasis en sustancias bioactivas y estructuras químicas obtenidas de extractos de organismos marinos).	281
Figura 11.1. Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia.....	304
Figura 11.2 Metodología COLMIZC (Tomado de Rojas <i>et al.</i> , 2010).....	305
Figura 11.3 Existencia y estado de avance en los instrumentos de planificación para el manejo integrado en el Caribe colombiano 1999-2010.	310
Figura 11.4 Existencia y estado de avance en los instrumentos de planificación para el manejo integrado en el Pacífico colombiano 1999-2010.	311
Figura 11.5 Número de personas capacitadas en MIZC y AMP.	321
Figura 11.6 Número de personas capacitadas en MIZC y AMP por departamento	321

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.I.	Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia. Los vectores fueron re proyectados de Magna Colombia Bogotá a Lambert Azimutal Colombia para estimar las áreas..27
Tabla 1.II.	Algunas cifras importantes de las costas colombianas. (Fuente: Censo DANE, 2005).....28
Tabla 3.I.	Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y estuarinas (ICAM Modificado de Marín <i>et al.</i> , 2003; Vivas-Aguas, 2007).68
Tabla 4.I.	Registro histórico de las áreas coralinas visitadas en los monitoreos de arrecifes coralinos desarrollados por Simac.91
Tabla 4.II.	Densidad ponderada de pez león registrada en las parcelas de monitoreo Simac (área de 20 x 20 m) durante 2010 en el Caribe colombiano. A: 1 individuo por censo. B: 2-10 individuos por censo. S: nivel somero entre 3 a 6 m de profundidad. I: nivel intermedio entre 7 a 9 m de profundidad.104
Tabla 4.III.	Organización temática de las contribuciones del IEARMC, el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras y algunas revistas internacionales realizadas en arrecifes coralinos desde 1999. En gris oscuro se resaltan las nuevas contribuciones.113
Tabla 4.IV.	Listado de algunos estudios desarrollados en los arrecifes coralinos colombianos, publicados en 2010.114
Tabla 4.V.	Listado de registros de estudios desarrollados en arrecifes coralinos por temática y ecorregiones naturales según el PNIBM (INVEMAR, 2000), de acuerdo a los registros del IEARMC, el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras y algunas revistas internacionales. Ecorregiones: TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), gal (Galerazamba), ARCO (Archipiélagos coralinos), DAR (Darién), cap (Capurganá), SAN (San Andrés y Providencia), MAL (Malpelo), GOR (Gorgona). En gris oscuro se resaltan las temáticas en las que se encuentran incluidos los aportes para 2010.115

Tabla 5.I.	Cobertura de mangle en Colombia. Datos tomados de ¹ CORPOURABÁ, 2002; ² MMA, 2002; ³ Sánchez-Páez <i>et al.</i> , 2004; ⁴ INVEMAR, 2005; ⁵ INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO, 2006; ⁶ Restrepo, 2007; ⁷ Cadavid <i>et al.</i> , 2009; ⁸ Gil-Torres <i>et al.</i> , 2009; ⁹ López-Rodríguez <i>et al.</i> , 2009a, ¹⁰ López-Rodríguez <i>et al.</i> , 2009b, ¹¹ Rodríguez-Peláez <i>et al.</i> , 2009, ¹² Sierra-Correa <i>et al.</i> , 2009, ¹³ Solano <i>et al.</i> , 2009. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco.122
Tabla 5.II.	Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianos. Datos tomados de Sánchez-Páez <i>et al.</i> (2004). SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco, SAQ: Sanquianga, MAL: Malpelo, GOR: Gorgona, BAU: Baudó. Subcorregiones; Sal: Golfo de Salamanca, CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, Gal: Galerazamba, Arb: Arboletes, Atr: Atrato y Cap: Capurganá..123
Tabla 5.III.	Normatividad vigente para los ecosistemas de manglar.....126
Tabla 5.IV.	Políticas, planes y programas relacionados con el ordenamiento y manejo de los manglares.127
Tabla 5.V.	Avances del proceso de zonificación y ordenamiento de los manglares en Colombia, de acuerdo a la normatividad vigente. En las casillas en gris oscuro se presentan los avances realizados el presente año.128
Tabla 5.VI.	Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo y aprobadas mediante las resoluciones: ¹ 0721 de 2002, ² 0442 del 2008, ³ 2168 del 2009, ⁴ 619 del 2010, ⁵ en proceso de aprobación por el MAVDT. En las casillas en gris oscuro se presentan los avances realizados el presente año.131

Tabla 5.VII.	Investigaciones realizadas entre el 2001 y 2010 en bosques de mangle colombianos en temáticas de interés nacional. Las casillas en gris oscuro corresponden a cambios respecto al informe del año inmediatamente anterior, debido a la actualización de la información.	132
Tabla 5.VIII.	Esfuerzos locales y regionales de investigación en bosques de manglar conforme a temáticas de interés nacional en la última década.	132
Tabla 5.IX.	Breve descripción de los bosques de mangle caracterizados durante la formulación del Plan Integral de Manejo (PIM) del Distrito de Manejo Integrado – DMI de la Bahía de Cispatá - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños al delta estuarino del río Sinú.	137
Tabla 5.X.	Cobertura (ha) del bosque de manglar en los municipios costeros del departamento del Cauca.	139
Tabla 6.I.	Temáticas principales en las que se han agrupado los estudios sobre pastos marinos en Colombia registrados en el IEARMC (2000-2011) que corresponden a los años 1999 a 2010. Las X sobre algunas de las temáticas aquí expuestas indican que son temas secundarios tratados en algún otro documento, que ya fueron registrados bajo otra temática principal. Los cuadros en gris oscuro corresponden a información actualizada para este año.	149
Tabla 6.II.	Ecorregiones naturales (INVEMAR, 2000) y departamentos en los que se han llevado a cabo estudios sobre pastos marinos en Colombia entre 1998 y 2010. Las X en las temáticas indicadas indican que se trata de un tema secundario de algún otro documento ya mencionado y numerado en la tabla.	150
Tabla 6.III.	Instituciones que han apoyado las investigaciones realizadas sobre pastos marinos entre 1998 y 2010, de acuerdo a la filiación institucional de los autores que han reportado sus avances en el conocimiento de este ecosistema en el IEARMC 2010.	151

Tabla 7.I.	Nuevas referencias bibliográficas publicadas en 2010 y que contienen información relacionada con el ecosistema de litoral rocoso para Colombia.	166
Tabla 7.II.	Temáticas que abarcan los estudios marinos y costeros en las que se han agrupado las referencias bibliográficas sobre litorales rocosos, siguiendo las ecorregiones del Caribe colombiano (INVEMAR, 2000). Las casillas gris oscuro indican registro del 2010.	167
Tabla 7.III.	Temáticas que abarcan los estudios marinos y costeros en las que se han agrupado las referencias bibliográficas sobre litorales rocosos, siguiendo las ecorregiones del Pacífico colombiano (INVEMAR, 2000). Las casillas gris oscuro indican registro del 2010.	168
Tabla 7.IV.	Resumen del estado de conocimiento de algunos grupos biológicos que habitan en el litoral rocoso de Colombia. En columnas las ecorregiones descritas en Invemar (2000). En filas grupos biológicos ALG-macroalgas; INV-invertebrados como esponjas, platelmintos, tunicados y poliquetos; COR-Corales duros y blandos; CRU-crustáceos; MOL-moluscos; EQU-equinodermos; VER-Vertebrados peces y aves. Se indican vacíos (?) y avances () en el conocimiento de la riqueza de especies.	170
Tabla 8.I.	Recuento histórico del número de trabajos realizados en los fondos blandos de Colombia entre 2000 y 2010 para las diferentes temáticas. Los valores resaltados indican que en la temática y año señalado se incluyeron estudios que no habían sido contemplados en los informes anteriores. Los asteriscos (*) indican temáticas que fueron abordadas de manera secundaria en alguno de los estudios ya contabilizados.	178
Tabla 8.II.	Número de estudios por temáticas desarrollados en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe y Pacífico colombianos entre 2000 y 2010. Ecorregiones: GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Oceánico), PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga),	

	TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Oceánico). Sub ecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsn (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá).	180
Tabla 8.III.	Listado de los trabajos relacionados con fondos blandos publicados durante 2010 en el Caribe y Pacífico colombianos.	181
Tabla 8.IV.	Listado de diferentes trabajos relacionados con fondos blandos que no han sido incluidos en las recopilaciones de los informes previos.	184
Tabla 9.I.	Número de familias (FAM), géneros (GEN) y especies (SP) de flora y fauna marina registrada a partir de la información recopilada de las revisiones y artículos sobre inventarios, nuevos registros y/o especies en Colombia.	197
Tabla 9.II.	Número de familias, géneros y especies de fitoplancton y zooplancton registradas en el Caribe y Pacífico colombianos a partir de la información secundaria recopilada. (/): separa las referencias para los dos océanos. (-) no hay consolidado disponible.	202
Tabla 9.III.	Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Caribe colombiano entre 1999 y 2010. GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Oceánico). Subecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsn (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá). (-) no hay consolidado disponible.	204
Tabla 9.IV.	Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Pacífico colombiano entre los años 2000 y 2010. PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Oceánico). (-) no hay consolidado disponible.	206

Tabla 9.V.	Recuento histórico de los trabajos realizados en sistemática y taxonomía por grupo taxonómico desde 2000 hasta la fecha en el Caribe (C) y Pacífico (P) colombianos. Los datos se basan en la información de los IEARMC.	208
Tabla 9.VI.	Trabajos realizados en sistemática y taxonomía en el año 2010 (Caribe y Pacífico colombianos).	208
Tabla 10.I.	Investigaciones y proyectos de investigación en temas de maricultura en ejecución y aprobados durante el año 2010 (Fuente: <i>Com. Pers.</i> SENA, Universidad del Magdalena, Universidad de Antioquia; ACUANAL-CENIACUA, Fundación Ecósfera y Terrazul).	276
Tabla 10.II.	Listado de proyectos adelantados durante 2010. Sobre compuestos con bioactividad de productos naturales marinos.	280
Tabla 10.III.	Listado de referencia bibliográficas.	281
Tabla 10.IV.	Revisión de literatura en valoración económica aplicada en AMC.	285
Tabla 11.I.	Cálculo del indicador existencia y estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UACO.	307
Tabla 11.II.	Descripción de estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UACO.	310
Tabla 11.III.	Cálculo del indicador fortalecimiento de capacidades para el MIZC.	318

MARCO GEOGRÁFICO

CAPÍTULO I

Playa del Pacífico colombiano
(Fotografía: Archivo GEO-INVEMAR)

1. Marco geográfico

Blanca Oliva Posada, Daniel Mauricio Rozo, Jiner Bolaños y Anny Zamora

1.1 Características generales de la Región Caribe

El Caribe colombiano está localizado en el extremo noroccidental de Suramérica; limita al Norte con Jamaica, Haití y República Dominicana; al Noroeste con Nicaragua y Costa Rica; al Este con Venezuela, en la zona de Castilletes (N 11°50' W 71°20'), y al Oeste con Panamá, en la zona de Cabo Tiburón (N 08°40' W 77°22')(IGAC, 2002). Tiene una longitud de línea de costa de 1937 km, un área terrestre¹ de 7037 km² y un área de aguas jurisdiccionales de 532162 km² (Tabla 1.I),(Figura 1.1).

Tabla 1.I. Áreas y longitudes aproximadas de la zona marina y costera de Colombia. Los vectores fueron reprojectados de Magna Colombia Bogotá a Lambert Azimutal Colombia para estimar las áreas.

CARACTERÍSTICAS		REGIÓN		TOTAL
		Caribe	Pacífico	
Línea Costa Km	Continental	1779	1545	3513
	Insular del Margen Continental	86	25	
	Insular Oceánico	72	7	
	Subtotal	1937	1576	
Área Emergida Km ²	Continental	6958	8181	15232
	Insular del Margen Continental	30	13	
	Insular Oceánico	49	1	
	Subtotal	7037	8195	
Área Aguas jurisdiccionales		532154	359948	892102

La Tabla 1.II ilustra en cifras algunos aspectos relevantes sobre el marco geográfico del área de estudio, como la división política de los departamentos y municipios costeros que la conforman, la población total y la población asentada en la zona costera, según información disponible a la fecha (DANE, 2005). La población total de los municipios costeros representa el 21 % del total de población de los departamentos costeros y el 10 % de la totalidad del país.

1. Según la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia, corresponde a la subzona terrestre-costera o franja de tierra adentro que se define como la banda comprendida desde la Línea de Marea Alta Promedio (LMAP), hasta una línea paralela localizada a 2 km de distancia tierra adentro y hasta la subzona insular emergida que abarca todo el territorio isleño emergido (islas y cayos), utilizando como referente la LMAP.

Tabla 1.II. Algunas cifras importantes sobre las regiones costeras colombianas. (Fuente: Censo DANE, 2005).

Característica	Caribe	Pacífico	Área Insular	Total
Departamentos costeros	8	4	1	13
Municipios costeros	35	16	2	53
Población total departamentos costeros	13823 855	7401 349	70554	21295 758
Población total municipios costeros	3716 293	706 505	70554	4584 214

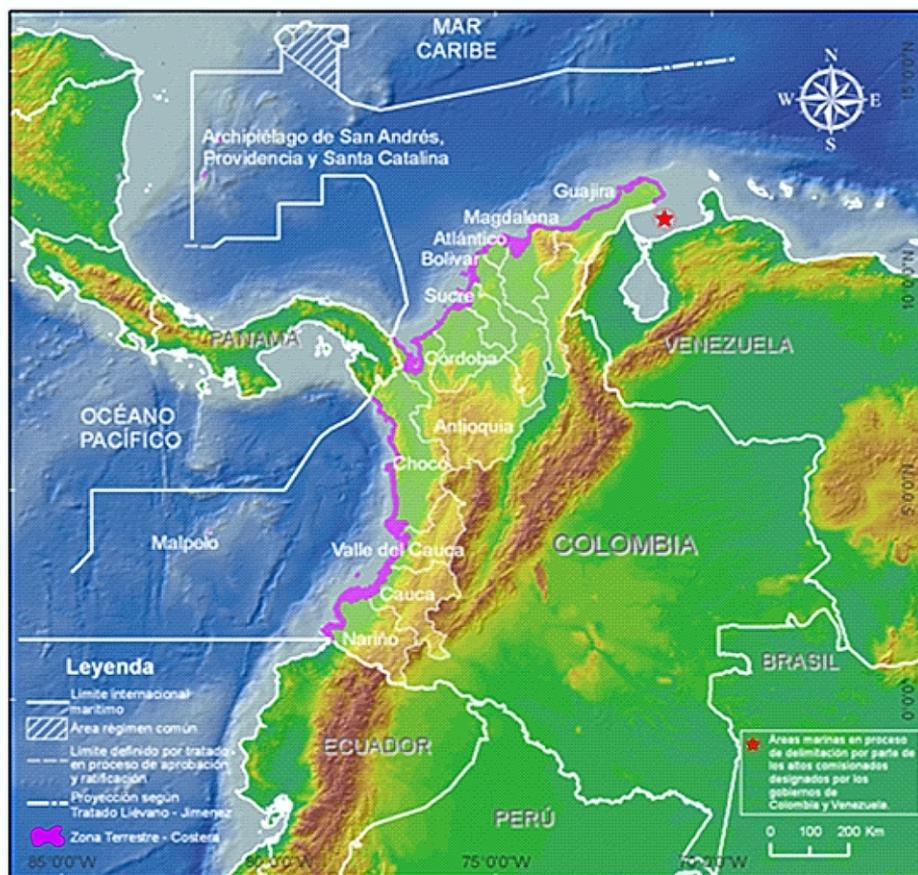


Figura 1.1. Localización zona terrestre-costera de Colombia (Modificado de IGAC, 2002).

1.1.1 Región Caribe Continental

El Caribe continental comprende la zona costera del continente, las aguas neríticas asociadas y la extensión de la plataforma o zócalo continental hasta una profundidad de 200 m (Steer *et al.*, 1997). Incluyendo la zona insular del margen continental, tiene una línea de costa de 1865 km y un área terrestre total de 6988 km².

Administrativamente está conformada por los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó. Las capitales de estos departamentos están comunicadas por una red vial primaria pavimentada, exceptuando Quibdó (Chocó), y otras secundarias en mal estado, que comunican con poblaciones menores. Existen aeropuertos en las poblaciones principales y transporte fluvial de carga en algunos tramos de los ríos Magdalena, Sinú, León, Atrato y el Canal del Dique (INVEMAR, Carsucre y CVS, 2002; Ingeominas, 1998; Steer *et al.*, 1997).

1.1.1.1 Fisiografía

La mayor parte de la costa Caribe colombiana está conformada por la llanura Caribe, que se extiende hacia el norte de las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central (serranías de Abibe y San Jerónimo). Su relieve va de ondulado a plano, muy cercano al nivel del mar, con colinas que en general no superan los 500 m de altura, a excepción de la Sierra Nevada de Santa Marta, que se levanta como un macizo aislado con alturas de hasta 5770 m y algunas serranías en La Guajira y Atlántico. En La Guajira se observan paisajes desérticos, que hacia el sur paulatinamente van cambiando hacia tierras cálidas secas a semisecas, hasta llegar a la serranía del Darién, donde la humedad es alta y la vegetación muy espesa (Ingeominas, 1998).

Los accidentes geográficos más destacados en la zona costera son: la Península de La Guajira, que se extiende en sentido suroeste–noreste, como el rasgo más prominente de las costas colombianas; dentro de ella se han desarrollado puntas y bahías, con alguna importancia comercial como Bahía Portete o turística como el Cabo de la Vela. A partir de punta de los Remedios, en La Guajira, y hasta la isla barrera de Salamanca, en los municipios de Pueblo Viejo y Sitio Nuevo (Magdalena), la costa tiene una orientación general este–oeste que coincide con las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, conformando principalmente acantilados y luego, pequeñas playas y bahías (Ingeominas, 1998).

Se resalta en la costa del departamento del Atlántico el delta del río Magdalena, a partir del cual la costa sigue una tendencia suroeste hasta punta Canoas, con rasgos geomorfológicos como el Canal del Dique y la Bahía de Cartagena. Desde punta Canoas

hasta la de San Bernardo, la costa tiene una dirección general nor–noreste y de la plataforma sobresalen los archipiélagos de las islas del Rosario y de San Bernardo, ambos originados por diapirismo de lodo, colonizado por formaciones arrecifales de gran importancia (Vernette, 1985; Ingeominas, 1998).

Desde punta San Bernardo hasta punta Caribana la costa vuelve a tomar una orientación suroeste, con rasgos importantes como el Golfo de Morrosquillo, el delta del río Sinú y la zona de acantilados al oeste del Sinú. El Golfo de Urabá, que se constituye como el segundo de los rasgos geográficos destacados en la costa Caribe, después de la Península de La Guajira, tiene forma de 'u' cerrada, con costas acantiladas y de pequeñas playas, bahías y el delta del río Atrato (Ingeominas, 1998; Correa y Restrepo, 2002).

1.1.2 Hidrografía

La vertiente del mar Caribe está constituida por el sistema del río Magdalena, las cuencas hidrográficas de la Alta Guajira, Ranchería, norte y oeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, Sinú, Atrato y otras menores (Ingeominas, 1998).

El carácter desértico a semidesértico de La Guajira determina que el drenaje se desarrolle en los períodos lluviosos, lo que produce corrientes intermitentes, que llegan a ser torrenciales y por ende altamente erosivas. Sólo la cuenca del río Ranchería y otros ríos menores tienen un caudal permanente ($14 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ en promedio) que puede llegar a duplicarse durante períodos invernales, inundando los terrenos bajos (Ingeominas, 1998).

En la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta las corrientes son permanentes y corren en dirección norte y noreste; se destacan los ríos Dibulla, Palomino, Don Diego, Buritaca y Guachaca. En la vertiente oeste se destacan los ríos Gaira y Clarín (Ingeominas, 1998).

El sistema del Magdalena es el más importante del país puesto, que atraviesa de sur a norte casi todo su territorio (1543 km de longitud y $257\,000 \text{ km}^2$ de área); sus tributarios más significativos son los ríos Cauca y San Jorge. Forma un delta en Bocas de Ceniza, dominado por la carga sedimentaria cercana a los 144 millones de ton/año (Ingeominas, 1998; Correa y Restrepo, 2002).

La vertiente del río Sinú es la principal del departamento de Córdoba y ocupa un área cercana a los $15\,000 \text{ km}^2$; su carga sedimentaria, de aproximadamente $400 \text{ m}^3/\text{seg}$, ha permitido la formación de un delta en Tinajones, donde se han reportado

velocidades de crecimiento del orden de $0.5 \text{ km}^2/\text{año}$ (Robertson, 1989; Ramírez, 1992; En: INVEMAR, 2003). El río Atrato tiene un curso de aproximadamente 700 km y un área de 36000 km^2 ; desemboca en el Golfo de Urabá en donde forma un delta fluvial, favorecido por una descarga de sedimentos de aproximadamente 11 millones de toneladas por año (Restrepo y Kjerfve, 2000).

En cuanto a otros cuerpos de agua superficiales como lagos, ciénagas y otros, el Caribe colombiano tiene una riqueza extraordinaria, principalmente en los departamentos de Bolívar y Magdalena. Entre las ciénagas la de mayor extensión es la Ciénaga Grande de Santa Marta, que almacena un volumen de agua 2232 millones de m^3 ; le siguen, también en el departamento del Magdalena, las ciénagas de Pajarales con 284 millones de m^3 y Cuatro Bocas. En el departamento del Atlántico es importante la ciénaga del Totumo, mientras que en Bolívar se destacan las ciénagas de Tesca y Zarzal; en Córdoba la Ciénaga Grande de Lorica con 192 millones de m^3 ; en Sucre la ciénaga de la Caimanera y el complejo de Cispotá; en Antioquia la ciénaga de la Marimonda, y en Chocó la ciénaga Marriaga (Ingeominas, 1998; INVEMAR, 2003).

Las aguas subterráneas en la costa Caribe colombiana están limitadas al oeste por las serranías de Perijá y las estribaciones del Sistema Andino. Los departamentos costeros con mayor inventario de acuíferos son La Guajira, con más de mil, seguida de Magdalena, Bolívar y Antioquia, con 50 a 100 acuíferos. El caudal promedio reportado para los mismos varía entre 1 y 70 l/seg; se utilizan principalmente en Riohacha, Santa Marta y Tolú para el abastecimiento de la ciudad y la agricultura (INVEMAR, 2002).

En cuanto a aguas termales se tiene referencia de su existencia en Luruaco (Atlántico), Ciénaga (Magdalena) y Arboletes (Antioquia) (INVEMAR, 2002).

1.2 Características generales de la Región Caribe Insular Oceánica

La costa Caribe insular está conformada por el Archipiélago de San Andrés, Providencia, Santa Catalina y sus cayos, declarada Reserva Mundial de la Biósfera en el 2000. Se ubica al noroeste del país, en la llamada zona de elevación de Nicaragua, entre las coordenadas $10^{\circ}50'$ y $16^{\circ}10'$ de latitud Norte y 78° y $82^{\circ}14'$ de longitud Oeste (Figura 1.1). Tiene una extensión de línea de costa de 72 km aproximadamente y un área terrestre de 49 km^2 (INVEMAR, 2009) (Tabla 1.1). Administrativamente está conformada por un solo departamento que se comunica con el resto del país a través de su aeropuerto en San Andrés, desde el cual también se accede a un aeropuerto en Providencia. Hay transporte de carga y pasajeros por vía marítima (Ingeominas, 1998).

1.2.1 Fisiografía

El Archipiélago presenta características particulares definidas por su posición geográfica, como son su origen volcánico y diferentes ambientes marinos y terrestres. La isla de San Andrés presenta una planicie litoral conformada por una plataforma emergida hasta los 10 m de altura y que rodea un relieve de colinas suaves que se levanta hacia la parte central. El ancho de esta plataforma varía de un sitio a otro; es así como al norte de la isla tiene hasta 600 m, mientras que en la parte sur alcanza 1.5 km aproximadamente; el sector oriental es estrecho y cenagoso, y el occidental es más quebrado, los terrenos planos se reducen al valle de Cove (INVEMAR, 2003).

La costa oriental de la isla de Providencia presenta un arrecife barrera de 32 km que va hasta la isla de Santa Catalina y limita una laguna costera somera (Prahl, 1983). En dirección sur–norte se extiende una serranía desde Diamond Hill hasta Marshal Hill y tres ramales en sentido oeste-este. Al noroeste existen algunos sectores de playa (IGAC, 1992).

Los cayos y bancos son de diferentes formas, e incluyen geoformas de terraza prearrecifal de barlovento, laguna, terraza lagunar y terraza prearrecifal de sotavento; algunos como el de Serrana tienen un arrecife periférico.

1.2.2 Hidrografía

En la isla de San Andrés no existen cursos permanentes de agua, sólo arroyos temporales asociados a la época de lluvias. En Providencia, en cambio, el relieve ha permitido la formación de un drenaje radial (Cove, 1982; IGAC, 1992; INVEMAR 2003).

En sus pequeñas cuencas hidrográficas la isla de Providencia presenta un desequilibrio hidrológico por el déficit prolongado de agua durante la estación seca, por lo que después de los aguaceros la escorrentía es rápida, con presión lateral sobre las paredes, por lo que se produce erosión y desbordamiento. Las tres microcuencas presentes en la isla son: Bottom House, Borden y FreshWater, todas ellas con procesos de erosión (Contraloría General del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 1998).

1.3 Características generales de la Región Pacífica Continental e Insular

La costa del Pacífico se ubica en la región occidental de Colombia; está limitada al norte por la frontera con Panamá (N 7°12' W 77°53') y al sur por la desembocadura del río Mataje en la frontera con Ecuador (N 1°26' W 78°49'). Tiene una longitud de línea de

costa de 1576 km, un área terrestre costera e insular de 8195 km² y un área de aguas jurisdiccionales de 359 995 km², correspondiente al 6.6 % del territorio nacional (Figura 1.1; Tabla 1.1) (INVEMAR, 2002; Steer *et al.*, 1997).

Administrativamente está conformada por los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. El principal medio de comunicación entre los municipios costeros es el transporte fluvial y marítimo; la red vial primaria existe solamente entre las poblaciones de Cali y Buenaventura en el Valle del Cauca, y entre Pasto y Tumaco en Nariño; mientras que la red secundaria prácticamente no alcanza ninguna de las poblaciones de la zona costera. Existen aeropuertos que comunican el litoral Pacífico con el interior del país, en los municipios de Ciudad Mutis, Nuquí, Buenaventura, Guapi y Tumaco (Ingeominas, 1998; Steer *et al.*, 1997).

La costa Pacífica insular está conformada por la isla de Gorgona, en el margen continental, y la Isla Malpelo, en el sector oceánico. La primera de ellas localizada en las coordenadas 2°58' latitud Norte y 78°10' longitud Oeste, mientras que la segunda se localiza en N 4°00' W 81°36' (Figura 1.1). Están ubicadas, respectivamente, en jurisdicción de los departamentos del Cauca y Valle del Cauca. La comunicación con el continente se efectúa por vía marítima.

1.3.1 Fisiografía

La costa del Pacífico puede decirse que se divide en dos regiones fisiográficas diferentes: la zona norte, entre Panamá y Cabo Corrientes, de aproximadamente 375 km de longitud, constituida por costas acantiladas muy accidentadas, sobre rocas terciarias de la serranía del Baudó, que alcanzan hasta 100 m de altura a poca distancia de la costa. Hacia el sur de Cabo Corrientes hasta el límite con el Ecuador la costa es baja, aluvial, con planos inundables cubiertos por manglares y sólo interrumpidos por pequeños tramos de acantilados en bahías de Málaga, Buenaventura y Tumaco. En contraste, esta costa es poco accidentada y cruzada por una red de drenaje densa conformada por ríos y esteros (Ingeominas, 1998).

La dirección general de la costa entre Panamá y Cabo Corrientes es noroeste. Los accidentes geográficos más destacados son: Cabo Marzo y los golfos de Cupica y Tribugá. Desde Cabo Corrientes hasta Bahía Málaga la costa se alinea en sentido preferencial norte-sur y en ella se destacan bahía Cuevitas, bajo Baudó y el delta constructivo del río San Juan. Hacia el suroeste, entre Málaga y la frontera con Ecuador, los rasgos que se destacan son la Bahía de Buenaventura, el delta del río Patía y la bahía de Tumaco. La Tabla 1.1 señala algunas cifras relevantes acerca de su extensión, división política y población.

1.3.2 Hidrografía

En la zona costera del Pacífico la hidrografía presenta una clara división a la altura de Cabo Corrientes; hacia el norte la proximidad a la costa de la serranía del Baudó no permite que se formen corrientes muy largas, pese a que la precipitación tiene rangos altos; hacia el sur cuenta con ríos caudalosos, alimentados por la alta precipitación, como el Baudó, Dotenedó, Ijuá, Orpúa, Pichimá y el San Juan, que cuenta con siete bocas formando un delta lobular en el límite entre el Chocó y del Valle del Cauca (Ingeominas, 1998).

En la Bahía de Buenaventura drenan sus aguas los ríos Anchicayá y Dagua, que traen una importante carga sedimentaria; más al sur se encuentran los ríos Mallorquín, Cajambre, Yurumanguí, Naya, Micay, Saija, Timbiquí, Guapi, Guajuí, Iscuandé, Tapaje, Sanquianga, Patía y Mira. En los límites con Ecuador se encuentran los ríos Mira y Mataje, que marcan la frontera con dicho país (Ingeominas, 1998).

El delta del río San Juan tiene una superficie aproximada de 800 km²; recibe caudales entre 600 y 6000 m³/seg y sedimentos en suspensión del orden de 16 millones ton/año (Restrepo *et al.*, 1994; Restrepo y Kjerfve, 2000). El delta del río Patía es el más extenso de la costa Pacífica, con una cuenca de drenaje de 23000 km² y un caudal de 488 m³/seg (IGAC, 1992). La cuenca del río Micay tiene 2511 km² y un caudal promedio del río de 289 m³/seg (INVEVAR, 2003).

1.4 Literatura citada

- Contraloría General del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 1998. Informe Ambiental 1998. Fernando Taylor Pomare, Contralor general del Departamento. San Andrés, isla, 233 p.
- Correa, I.D. y J.J. Restrepo. 2002. Geología y Oceanografía del Delta del río San Juan. Litoral Pacífico colombiano. Medellín, 221 p.
- IGAC. 1992. Mapa oficial de La República de Colombia. Mapa físico. Bogotá: escala: 1:2.000.000.
- IGAC. 2002. Mapa oficial de La República de Colombia. Fronteras Terrestres y Marinas. Bogotá.
- INGEOMINAS, 1998. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Pacífico colombiano. Publicación geológica especial # 21. Bogotá, 111p.
- INVEVAR. 2001. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie documentos generales 3. Santa Marta, 138 p.

- INVEMAR. 2002. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: 2000. Serie documentos generales 3. Santa Marta, 292p.
- INVEMAR. 2003. Programa holandés de asistencia para estudios de cambio climático, Colombia: Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe Continental, Caribe Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD-Atlas Digital. Programa de Investigación para la Gestión Marina y Costera - GEZ, Santa Marta, Colombia. ISBN: 958-97264-2-9.
- INVEMAR. 2009. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia SIAM: 2009. www.invemar.org.co/siam. Laboratorio Sistemas de Información LabSI.
- INVEMAR, CARSUCRE, CVS. 2002. Formulación del plan de manejo integrado de la Unidad Ambiental Costera Estuarina del Río Sinú y Golfo de Morrosquillo, Caribe Colombiano. Fase I Caracterización y Diagnóstico. Santa Marta, No páginas + anexos 5 tomos.
- Prahl, H. v. 1983. Notas sobre las formaciones de manglares y arrecifes coralinos en la isla de Providencia. Memorias Seminario Desarrollo de planificación Ambiental. San Andrés y Providencia, FIPMA, Cali: 57-67.
- Restrepo, J.D., O. Aristizábal y I.D. Correa. 1994. Aproximación al conocimiento de la circulación estuarina en las bocas San Juan y Chavica, Delta del río San Juan, Pacífico colombiano. En: Memorias IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Medellín, nov.21 al 25.
- Restrepo, J. D. y B. Kjerfve. 2000. Magdalena river: interannual variability (1975-1995) and revised water discharge and sediment load estimates. *Journal of Hydrology*. 235 (1-2): 137-149.
- Steer, R., F. Arias, A. Ramos, P. Aguirre, P. Sierra y D. Alonso. 1997. Documento preliminar de políticas de ordenamiento ambiental de las zonas costeras colombianas. Documento de consultoría, Ministerio del Medio Ambiente. 413 p. Documento inédito.
- Vernett, G. 1985. La plate-forme continentale caraïbe de Colombie. Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Bordeaux-1, 387 p.



ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE ABIÓTICO MARINO Y COSTERO

CAPÍTULO II



*Muestreo de sedimentos
abordo del B/I Ancón
(Fotografía: Archivo CAM-INVEVAR)*

2. Aspectos físicos

Blanca Oliva Posada y Georgina Guzmán Ospitia

Este capítulo recopila información acerca de las investigaciones realizadas sobre los aspectos físicos de las zonas costeras colombianas, adelantadas durante 2010 por INVEMAR en conjunto con diferentes instituciones. El principal énfasis aplicado es la erosión costera, por ser una de las propuestas que adelanta el Instituto desde hace cuatro años bajo el nombre '**Programa de Evaluación y Propuestas para la Mitigación de la Erosión Costera en Colombia**' que manifiesta resultados importantes en cuanto al diagnóstico, tanto para la región Caribe como para el Pacífico.

2.1 Región Caribe Continental

Las investigaciones descritas a continuación tuvieron como escenario la zona costera del Caribe continental colombiano; en ellas se destaca el avance en el conocimiento geomorfológico y el detalle en los procesos costeros. En este año se llevo a cabo en algunos municipios costeros de los departamentos de La Guajira y Antioquia.

2.1.1 Evaluación de las zonas críticas del departamento de La Guajira, Caribe colombiano: corregimiento de El Pájaro y Punta de los Remedios

(Posada *et al.*, 2010a)

En este proyecto se caracterizó y analizó la dinámica marina y costera de la zona litoral de los corregimientos de El Pájaro (municipio de Manaure) y Punta de los Remedios (municipio de Dibulla), identificando las causas de la erosión y presentando propuestas de solución y mitigación a esta problemática. A partir del trabajo de campo se elaboró una descripción general de la geomorfología general del área de estudio, destacándose entre las unidades descritas: complejos de cordones litorales, cordones de dunas, colinas, llanuras costeras, lagunas costeras y playas.

La zona costera objeto de este estudio presenta un retroceso generalizado ocasionado por factores locales que se evaluaron para cada uno de los sectores, pero en el que influyen además causas generales, a saber:

- **Corregimiento El Pájaro**

La posición altitudinal de la población de El Pájaro a nivel del mar o ligeramente por encima de éste la expone al embate directo de los procesos costeros, ya provengan del mar o de un clima semidesértico. Adicionalmente, la posición geográfica en una costa abierta a las condiciones marinas, sin barreras de protección o abrigos de puntas rocosas, permite que no haya mayores probabilidades de mitigación ante eventos

extremos como tormentas tropicales, huracanes o sus coletazos y mares de leva, estos últimos mucho más frecuentes y dañinos. Los vientos Alisios que provienen del este-noreste, con velocidades muy altas entre diciembre y abril, causan el retroceso de la costa por oleajes muy altos que sobrepasan fácilmente las bermas e incluso los cordones litorales existentes. La batimetría también muestra condiciones favorables para que el oleaje no se atenúe y, por el contrario, llegue con buena parte del poder generado aguas afuera, ya que la isóbata de los tres metros, en donde una ola de tormenta ya empezaría a deformarse, está a sólo 150 ó 200 m de distancia.

Para la población de El Pájaro es importante considerar los efectos adversos sobre los procesos costeros ocasionados por la construcción de catorce espolones, las obras para el alcantarillado en la parte trasera de la playa, así como la colocación de postes para la energía y más importante aún el trazado de una vía muy cercana a la playa, además de la infraestructura misma del pueblo muy cercano a la línea de costa y sobre terrenos que otrora fueron dunas y cordones litorales en la mayoría de los casos, pero también lagunas y pantanos intermareales con manglar, entre otros factores (Figura 2.1a).

En cuanto a las obras de protección costera, en El Pájaro la caracterización de las mismas permitió observar materiales con tamaño y composición inadecuados, longitudes que no responden a los parámetros de corrientes y transporte de sedimentos; ancho y alto de las estructuras que no consiguen los efectos deseados de difracción del oleaje; separación de estructuras que no responden a un diseño de ingeniería sino a necesidades particulares. Dichos elementos generaron impactos negativos que acentuaron el desequilibrio de la playa e indujeron nuevos y mayores procesos erosivos.



Figura 2.1. a) Estado de la playa frente al corregimiento El Pájaro. **b)** Vista del acantilado bajo el parque al costado occidental del corregimiento Punta de los Remedios.

La extinción del manglar por procesos naturales y antrópicos dejó expuesta la línea de costa a los procesos marinos, que al impactarla directamente la desestabilizan y generan su retroceso. Lo mismo ocurrió en la parte final de los ríos, dejando sus riberas a merced de las aguas que durante los eventos de inundaciones socavan lateralmente y amplían el cauce, como el caso ocurrido en el barrio Santropel de El Pájaro. En la literatura científica es ampliamente discutido que las raíces de mangle son responsables de atenuar el impacto de las olas y corrientes, y permitir la precipitación de los sedimentos que éstas traen consigo, lográndose el equilibrio y el avance de la franja litoral localmente.

Los materiales para construcción de viviendas y otras obras de infraestructura costera provienen casi en su totalidad de las playas de la región, disminuyendo las reservas de arenas para conformar las playas.

- **Corregimiento Punta de los Remedios**

El borde de la terraza litoral que rodea al corregimiento de Punta de los Remedios está ocupado por viviendas y otras infraestructuras urbanas en un porcentaje muy alto; en consecuencia y ante la deficiencia en los servicios de recolección de aguas lluvias y servidas, principalmente hacia la periferia, presenta drenajes que cortan la terraza y encauzan las aguas hasta las playas. Los continuos cortes sobre el acantilado y las playas constituyen puntos de incidencia mayor de los procesos costeros, con desprendimiento de masas de suelo, socavación lateral de cauces y acanaladuras en las playas; estos procesos irradian hacia sus alrededores constituyendo un problema de retroceso litoral generalizado (2.1b). Las infiltraciones producidas desde tuberías también desestabilizan el suelo, provocando movimientos en masa y colapso no sólo del acantilado sino de parte de las viviendas.

Los materiales que afloran en los acantilados de Punta de los Remedios son rocas sedimentarias tipo lutitas y areniscas finas a medias, y sólo hacia el sur con afloramientos de conglomerados endurecidos, suprayacidas por sedimentos fluviales recientes. Estas formaciones son altamente frágiles ante los procesos marinos, meteorológicos y bióticos, si se mira sólo su aspecto litológico, a lo que hay que agregar que estructuralmente se observan afectadas por fracturas, diaclasas y fallas locales o regionales que contribuyen a su fácil deterioro. Los sedimentos que se originan de su destrucción son principalmente tamaño arena, lo cual contribuye a la formación de playas; hacia el suroeste abundan los tamaños gravas y cantos.

- **Alternativas de solución**

Para el sector de El Pájaro se propone recuperar la costa a través del establecimiento de “obras mixtas”, mediante la ejecución de una restauración del sistema de dunas y playas, y la construcción de obras hidráulicas que garanticen la

estabilidad del borde costero. Las estructuras hidráulicas protegerían el sistema dunar y mitigarían el efecto del oleaje sobre el borde costero, inclusive durante la presentación de eventos extremos como los mares de leva.

Para Punta de los Remedios las soluciones de protección costera deben ir más encaminadas a estabilizar el acantilado sobre el cual se asienta la población y protegerlo del embate de las olas que lo desestabilizan desde la base, para posteriormente recuperar un sector de playa donde pueden desarrollarse actividades turísticas y de esparcimiento.

2.1.2 Estudio para determinar las alternativas de solución a los problemas de erosión costera del municipio de Turbo, departamento de Antioquia (INVEMAR, Gobernación de Antioquia, Corpourabá y Municipio de Turbo)

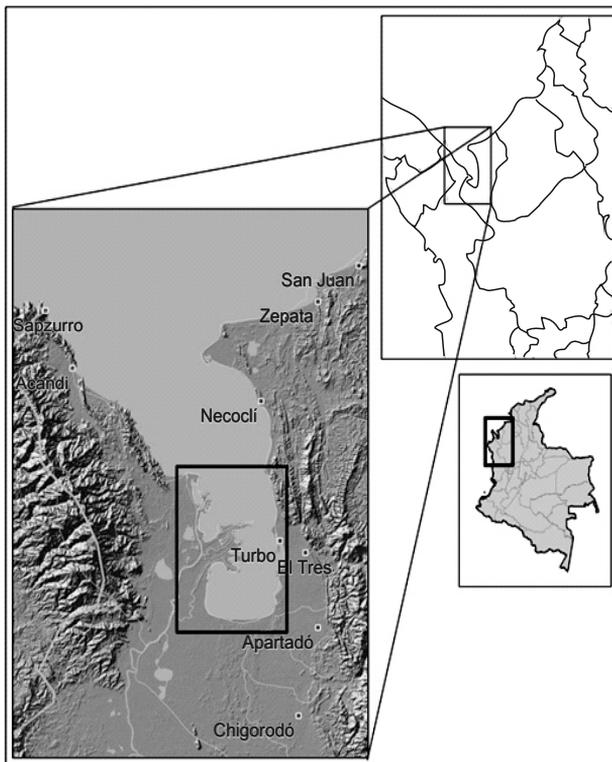


Figura 2.2. Zona de estudio del proyecto.

Se realizó una caracterización de la dinámica costera en el municipio de Turbo (Figura 2.2) con el objetivo de identificar las causas de erosión y presentar propuestas de solución a los procesos erosivos que afectan algunos sectores, con medidas de solución específicas puntuales y recomendaciones generales para el manejo de la erosión para la zona costera del resto del municipio. Para ello se recopiló información secundaria que incluye fotografías aéreas históricas y se actualizó la información existente, a través de un trabajo de campo que incluyó el levantamiento de perfiles topográficos y batimétricos, cartografía geomorfológica, muestreo de sedimentos, perfiles del subsuelo, análisis y modelamiento de propagación del oleaje y de corrientes litorales. Esta información fue utilizada para definir el prediseño y los costos de las obras necesarias para mitigar la problemática erosiva en los sectores de Tié, Punta de Piedra y Turbo

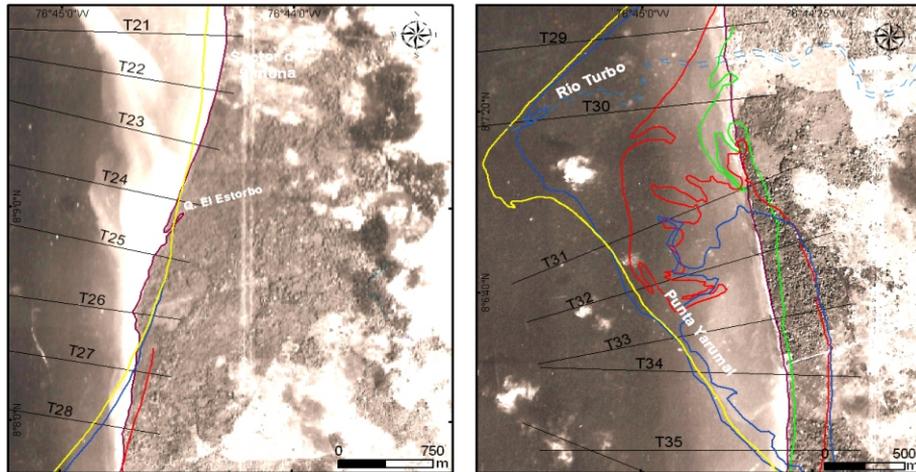
● **Resultados**

Las altas tasas de retroceso presentadas en la zona costera oriental del municipio de Turbo ha tenido como causas, entre otras, las siguientes:

- Aumento del nivel del mar, evidenciado en los reportes del mareógrafo de Cartagena.
- Las características de la roca que constituyen los acantilados, compuestas por rocas sedimentarias tipo lutitas y areniscas finas a media, fracturadas y meteorizadas, fácilmente deleznales.
- Alteración de la dinámica litoral como consecuencia de los dragados en las bocas del río Atrato y la apertura de la boca El Roto, entre los años 1900 a 1930.
- La formación del delta del río Sinú en la década de los años 40, el cual ocasionó un déficit importante de sedimentos en las costas de Córdoba y Antioquia. De manera similar, el desarrollo de un delta asociado a la desembocadura del río Turbo (Figura 2.3), desde principios de los años setenta, produjo un déficit de sedimentos hacia el sur, donde se ubica la población de Turbo.
- La tala de bosques en las cuencas de los ríos produjo un desequilibrio en el transporte de sedimentos, ocurriendo caudales pico con una alta carga de sedimentos en temporadas invernales, mientras que en el resto del año no se suplen las necesidades del sistema.
- La tala del manglar ha dejado la línea de costa expuesta al impacto del oleaje, impidiendo el efecto disipador que este tipo de vegetación ejerce sobre la energía del oleaje.
- La red de drenaje artificial construida en las plantaciones de plátano y banano ha generado desprendimientos e inestabilidad en las terrazas marinas y sectores acantilados.

- La ausencia de un sistema de alcantarillado pluvial y de aguas servidas en las zonas urbanas de Tié y Punta de Piedra, generan la evacuación de estas aguas directamente hacia la zona costera, colapsando el acantilado.
- La extracción de material de playa para ser usado en construcción ha detonado y acelerado procesos erosivos.
- La construcción de la vía perimetral que conduce hacia el aeropuerto conllevó la construcción de un terraplén y a la intervención de playas y manglares.
- La instalación de obras de protección ha carecido de una adecuada planificación y diseño.

Una vez establecido el diagnóstico y teniendo en cuenta la dinámica del río Turbo desde la década de los años 70, se establecen los prediseños de obras ingenieriles para mitigar los procesos erosivos en el sector de Punta Las Vacas en la cabecera de Turbo, Punta de Piedra y Tié. Éstas incluyen relleno de playas y estructuras hidráulicas.



— Transectos — Línea de costa de 1968 — Línea de costa de 2004
 — Línea de costa de 1959 — Línea de costa de 1988 — Línea de costa de 2010

TRANSECTO	D (m)	TD (m/año)	TRANSECTO	D (m)	TD (m/año)	TRANSECTO	D (m)	TD (m/año)
T21	168.35	3.30	T26	-150.03	2.94	T31	960.90	18.84
T22	112.61	2.21	T27	60.02	1.18	T32	833.54	16.34
T23	46.57	0.91	T28	25.68	4.93	T33	631.71	12.89
T24	-11.73	0.23	T29	837.22	16.42	T34	545.83	10.70
T25	-127.46	2.50	T30	1375.18	26.96	T35	183.41	3.60

Figura 2.3. Posiciones de la línea de costa para los años 1959 y 2010 en el sector Punta Rica-Punta Yarumal, donde se aprecian los valores de la variación (retroceso o avance). (D: desplazamiento; TD: tasa de desplazamiento).

2.1.3 Programa de investigación en erosión costera del Caribe colombiano—Análisis y valoración de los procesos erosivos en la costa continental e insular del Caribe colombiano

(INVEMAR, Colciencias y Gobernación del Magdalena)

Este programa se ha desarrollado en convenio con Colciencias y la Gobernación del Magdalena. Su estructura consta de un consejo técnico conformado por expertos en Oceanografía, dinámica costera, Geomorfología y obras costeras, vinculados a universidades, instituciones del Estado y la empresa privada. Se encuentra integrado por seis proyectos, con los cuales se busca establecer metodologías, protocolos y estándares para sistematizar y facilitar el análisis de la información del programa.

Las soluciones y manejo a los problemas de erosión costera que enfrentan las costas del Caribe colombiano requiere de un análisis integral de la información existente y de propuestas que establezcan estándares y protocolos, no sólo para la construcción de obras de infraestructura en la zona costera, sino que también apliquen para los levantamientos de información. Así mismo, las obras de protección o medidas de mitigación que se adopten deben de estar respaldadas por un conocimiento previo de las condiciones del oleaje a las que se encuentra expuesto un tramo de costa determinado. De acuerdo con lo anterior, se han definido líneas de trabajo para el Caribe en Oceanografía, Hidrodinámica, caracterización geológica, tectónica y geomorfológica.

En la actualidad se desarrollan proyectos de estandarización de la nomenclatura geomorfológica y de diseño de un sistema de información para erosión costera. Adicionalmente, se han planteado proyectos en las siguientes temáticas:

- Modelación de regímenes de oleaje en varios puntos del Caribe para aguas profundas.
- Recopilación y análisis de información geológica, geomorfológica y oceanográfica existente.
- Formulación de lineamientos técnicos para ser incorporados en una política nacional de manejo y ordenamiento costero.
- Establecimiento de una metodología para el levantamiento de una línea base o referente asociado al nivel del mar, que incluya estructuras de protección y descargas de agua.

Concluidos estos proyectos, se tendrá un panorama actualizado del estado de la información existente, un sistema de información diseñado con un geoportal y se contará con las herramientas y metodologías necesarias para optimizar el diseño de obras y levantamientos de información en la zona costera.

2.1.4 Aportes realizados sobre los temas físicos por otras instituciones en el Caribe

Para avanzar en el conocimiento de las causas de la erosión costera del Caribe colombiano a continuación se presentan los esfuerzos de investigación realizados por la Universidad de Cartagena y Eafit.

2.1.4.1 Evolución histórica de la línea de costa a lo largo de la zona del proyecto Avenida Bicentenario

(M. Guerrero, D. Moreno y A. Arrieta. Universidad de Cartagena)

En el estudio de temas físicos inherentes a la zona costera del Caribe colombiano la Universidad de Cartagena ha hecho su aporte con esta investigación, mediante el uso de ortofotos de 2005 y 2007, y levantamientos de línea de costa de 1985, 2000 y 2010. A partir de este estudio se concluyó que las playas del sector de Bocagrande presentaron las mayores tasas de erosión y acreción, estando en un rango de magnitudes casi parecidas (25 y 14 m). En el sector del Centro Histórico la línea de costa se mantiene con pequeños cambios, debido a la presencia de estructuras de protección; sin embargo, al comparar las curvas batimétricas se nota un retroceso de cerca de 20 m. El sector de Crespo presentó las tasas más bajas de acreción con magnitudes que estuvieron en el rango de 1.5 y los 3 m, y al comparar las isóbatas se nota una marcada tendencia a la erosión.

En general se encontró una tendencia a la erosión en casi todos los sectores. También se midieron corrientes con boyas de deriva. Estas evaluaciones se realizaron antes de los eventos de noviembre que produjeron retrocesos considerables en las playas del sector, especialmente en Bocagrande y El Cabrero. Los resultados muestran variaciones estacionales y temporales a lo largo de las playas en estudio, con una marcada influencia de los vientos Alisios y de los temporales y frentes fríos que se presentan con cierta periodicidad.

2.1.4.2 Late Holocene marine terraces of the Cartagena region, southern Caribbean: The product neotectonism or a former high stand in sea-level?

(J. Ignacio Martínez, Y. Yokoyama, A. Gómez, A. Delgado, H. Matsuzaki y E. Rendón. Eafit)

Para avanzar en el conocimiento de las causas de la erosión costera del Caribe colombiano la Universidad Eafit adelantó la descripción estratigráfica detallada y el estudio paleontológico (moluscos, corales, foraminíferos y ostrácodos) de cuatro niveles bajos (3 m) de las secciones de las terrazas marinas de Punta Canoas,

Manzanillo del Mar, Playa de Oro y Tierrabomba en la región de Cartagena, sur del Caribe, complementado con 22 dataciones de radiocarbono, las cuales revelaron que las terrazas del norte fueron depositadas como parasecuencias en un sistema clástico, comparadas con la sucesión de la isla de Tierrabomba que fue depositada en un sistema carbonatado entre 3600 y 1700 años cal AP.

Condiciones más secas y la localización más al sur de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) hace 3 ka, produjeron vientos Alisios del Este más fuertes y una deriva litoral hacia el suroeste más dinámica alimentada por la desembocadura del río Magdalena, promoviendo la formación de espigas de arena que aislaron la Ciénaga de Tesca del Mar Caribe. Estimativos del presente estudio apoyan la hipótesis de que la posición de las terrazas es el producto de neotectonismo y no el de una posición del nivel del mar más alto hace 3 ka. El levantamiento de las terrazas varía entre 3.8 mmyr^{-1} en Punta Canoas y 2.2 mmyr^{-1} en Tierrabomba, a 1.5 mmyr^{-1} en Manzanillo del Mar y Playa de Oro. Este estudio corrobora propuestas previas con respecto al papel del diapirismo de lodo y la dinámica de la falla del Dique, como mecanismos responsables del levantamiento de las terrazas bajas durante el Holoceno Tardío.

2.2 Región Caribe Insular

2.2.1 Diagnóstico sobre la erosión de la línea de costa (1954-2007) en las islas Grande, Tesoro y Rosario, archipiélago de Nuestra Señora del Rosario–Caribe colombiano

(A. C. Casas-Serrano y L. A. Martínez-Whisgman. Universidad Jorge Tadeo Lozano)

Como trabajo de grado los autores presentan un diagnóstico sobre los cambios de la línea de costa en las islas Grande, Tesoro y Rosario, Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario, Caribe colombiano, en el período comprendido entre 1954 y 2007, guiados hacia los objetivos específicos: (i) efectuar un análisis comparativo espacio-temporal mediante fotografías aéreas e imágenes de satélite y (ii) evaluar el estado actual de la línea de costa generado por procesos erosivos que direccionen próximas evaluaciones.

El diagnóstico muestra una fuerte dinámica marina que genera procesos erosivos en todas las islas motivo de estudio y son evidentes las afectaciones sobre las líneas de costa, con erosión en los frentes de playa y en la base de los acantilados por efectos del oleaje; situaciones relacionadas con las condiciones hidrodinámicas y

sedimentarias de la zona. Las investigaciones realizadas resultan insuficientes para establecer la relación causa-efecto entre los distintos factores de incidencia sobre los procesos erosivos, como son: los fenómenos naturales, la elevación del nivel medio del mar y las causas antropogénicas. El estudio recomienda evitar las soluciones duras y preferir las estructuras blandas de tal manera que se conserve el paisaje sin alteración de los ecosistemas y que permitan el desarrollo de actividades náuticas propias del turismo.

2.3 Región Pacífica Continental

Las siguientes investigaciones se llevaron a cabo en la zona costera del Pacífico colombiano, donde se destaca el avance en el conocimiento de la geomorfología y procesos costeros de erosión marina y fluvial en el departamento del Chocó, específicamente en zonas que ya habían sido detectadas como críticas de los municipios de Juradó, Bahía Solano, Nuquí y Bajo Baudó, y Litoral del San Juan. Además, se realizaron investigaciones sobre dinámica mareal de la Bahía de Tumaco y sobre el riesgo de la llegada de un tsunami de origen cercano a la población de Guapi.

2.3.1 Evaluación de zonas críticas del departamento del Chocó (Posada *et al.*, 2010b y 2010 c)

Esta investigación estudió el problema de erosión costera y otras amenazas naturales como avance en el diagnóstico detallado de las zonas clasificadas como críticas en la publicación “Diagnóstico de la erosión y sedimentación del Pacífico colombiano” (Proyecto BPIN). Para ello se hizo una caracterización detallada de aspectos geológicos, geomorfológicos, sedimentológicos y oceanográficos, cuyos resultados constituyen herramientas base para diseñar alternativas de mitigación o recuperación del litoral ante las problemáticas encontradas. A continuación se hace un breve resumen de las áreas estudiadas.

- **Cabecera municipal de Juradó**

En la cabecera municipal de Juradó y su zona aledaña afloran rocas volcánicas compuestas por basaltos de ambiente oceánico, aglomerados, tobas y lavas basálticas almohadilladas intercaladas con sedimentos de origen marino del Cretácico Superior; el Paleógeno–Neógeno está representado por rocas sedimentarias, y el Cuaternario está constituido por playas y depósitos aluviales recientes, formados a partir de la meteorización y erosión de las rocas del flanco occidental de la Serranía del Baudó.

Desde el punto de vista geomorfológico, en el extremo noroccidental de la zona urbana se presentan acantilados labrados en rocas volcánicas que alcanzan alturas máximas de 60 m; hacia el continente estas rocas forman montañas que alcanzan hasta 250 msnm. La cabecera municipal de Juradó se encuentra asentada sobre una isla barrera, limitada por playas al occidente, y por pantanos de manglar y los cauces de los ríos Apartadó y Juradó hacia el oriente. Estos dos ríos transcurren a través de un amplio valle aluvial de hasta 3 km de ancho (Figura 2.4). Las playas son de arenas medias a gruesas, con pendientes entre 3 y 12°, y amplitudes en marea baja de hasta 125 m. En algunos sitios se observan escarpes de erosión que no superan los 70 cm de altura.



Figura 2.4. Vista área de la isla barrera (lbr) donde está asentada la población de Juradó. También se distinguen la playa (P), los pantanos de manglar (Pm) y parte del valle aluvial (Va) y cauce fluvial (Cf) del río Apartadó. Fotografía tomada de Municipio de Jurado (2005).

Respecto a la erosión marina se estableció su actuación a muy largo plazo; como evidencia se tiene la presencia de pilares y cavernas en inmediaciones de la desembocadura del río Juradó o Bocana Vieja, así como procesos de remoción en masa (caída de bloques) en los acantilados producto de las altas pendientes y de la socavación en el pie del talud. Por el contrario, hacia el sur, a lo largo de la franja costera

de la cabecera municipal se observa una playa bien conformada, con amplitudes de hasta 125 m en marea baja y una playa trasera con cordones litorales y vegetación que alcanza hasta más de 55 m hasta la vía principal. En esta zona (playa trasera) no se recomienda realizar construcciones u obras civiles, pues este espacio se requiere para guardar el equilibrio en el sistema. De igual manera se recomienda dentro de esta misma franja prohibir la extracción de arenas, previniendo un desbalance sedimentario que repercutiría en la amplitud de las playas y daría como resultado el retroceso de la línea de costa.

La erosión fluvial está ocurriendo a manera de socavación en la parte trasera de la isla barrera, a orillas de los ríos Apartadó y Juradó, conectados por el estero Arrastradero, el cual está controlado por el carácter altamente deleznable del material que conforma la superficie sobre la cual se asienta el pueblo (terraza aluvial), y por el constante tránsito de lanchas que generan olas que impactan directamente contra el talud desprotegido. Esto ocurre en el margen izquierdo del río Juradó, en el sector del cementerio donde el talud de la orilla se ha pronunciado en los últimos cinco años; también se aprecia en el margen derecho del río Apartadó en el sector de confluencia con el estero Arrastradero (Figura 2.5.). Ante esta problemática se recomienda la implementación de obras para proteger las orillas tales como muros de contención en concreto o con bolsacretos, un tablestacado o gaviones con el respectivo mantenimiento. Debido a que el crecimiento de la población se ve limitado por las características geográficas y geotécnicas, en el largo plazo se recomienda la reubicación del pueblo.



Figura 2.5. Erosión del talud de la superficie donde se encuentra localizado el cementerio (izquierda). Remanente de un acceso de cemento que conducía al cementerio que colapsó debido a la socavación por parte del río (derecha).

- **Cabecera municipal de Bahía Solano**

En la cabecera municipal de Bahía Solano (Ciudad Mutis) y su zona aledaña afloran rocas volcánicas compuestas por basaltos de ambiente oceánico, aglomerados, tobas y lavas basálticas almohadilladas intercaladas con sedimentos de origen marino del Cretácico Superior; las zonas de manglar, las vegas de los ríos y las playas representan el Cuaternario.

Desde el punto de vista geomorfológico, en los extremos occidental y oriental de la zona urbana se presentan acantilados labrados en rocas volcánicas que alcanzan alturas máximas de 70 y 40 m, respectivamente; hacia el continente estas rocas forman montañas que alcanzan hasta 500 msnm. La cabecera municipal se encuentra asentada sobre el valle aluvial del río Jella, limitado por playas al norte y por pequeños pantanos de manglar hacia la desembocadura del río.

En las zonas de acantilados se presentan movimientos en masa, tanto activos como inactivos, cuyos factores detonantes son la alta pendiente del terreno, afloramientos de aguas en diferentes lugares de la ladera, el variable grado de meteorización y el denso fracturamiento de la roca, la alta pluviosidad de la zona, la inestabilidad producida por el corte para la vía (costado occidental), la presencia de depósitos de antiguos deslizamientos (coluviones) y la socavación de la parte baja del talud por la acción del oleaje y las mareas (Figura 2.6).



Figura 2.6. Movimientos en masa recientes en el depósito de coluvión, sector del puerto de la ESSO (izquierda). *Box coulvert* parcialmente colapsado debido a socavación lateral del talud (derecha).

Para estas zonas se recomienda retirar todas las obras en mal estado y que no pueden recuperarse. En aquellos sitios inestables, especialmente donde el talud está constituido por material fácilmente erosionable, se recomienda construir un muro de concreto vertical o escalonado acompañado de un sistema de manejo de aguas de escorrentía y subterráneas para asegurar la longevidad de la obra. Los escombros de las antiguas obras pueden ser dispuestos en la base de los muros para amortiguar el oleaje y darle así mayor estabilidad a la estructura.

Al interior de la bahía, las playas muestran signos de erosión, con raíces de vegetación expuestas, escarpes de erosión y pérdida de extensos cocoteros. En el caso del sector al oriente de la Estación de Policía, entre 1956 y 2004 se han perdido 300 m de playas, debido, en parte, al posible hundimiento de los terrenos durante el terremoto de 1970 que destruyó el 80 % del municipio. Ante esto, actualmente existe un muro de concreto paralelo a la playa que hacia el sector de la Estación de Policía se encuentra destruido, si bien protege a la población, impide a su vez que se genere playa por el impacto del oleaje durante la marea alta. Respecto a esto se recomienda reconstruirlo con mejores especificaciones que el actual, teniendo en cuenta que debe contemplar el acceso a la playa, la disipación del oleaje y un mantenimiento periódico. Las intervenciones antrópicas como la extracción de arenas de las playas para construcción han estado causando un alto impacto, ocasionando un déficit de sedimentos que se refleja en el retroceso de la línea de costa. Para evitar esto, se recomienda prohibir dicha actividad.

Con el fin de evitar que la playa siga siendo erosionada, se recomienda implementar obras blandas como barreras de vegetación con manglar y especies similares, protegidas con cercas vivas debidamente ancladas y hechas con madera muy resistente. Por otro lado, debido a la erosión que el río Jella ha ejercido sobre su margen derecha a la altura de la desembocadura al mar, se recomienda reubicar las viviendas que están entre la margen derecha del río Jella y el mar.

- **Poblaciones de Nuquí y Jurubirá**

En la cabecera municipal de Nuquí y en el corregimiento de Jurubirá afloran rocas volcánicas compuestas por basaltos de ambiente oceánico, aglomerados, tobas y lavas basálticas almohadilladas intercaladas con sedimentos de origen marino del Cretácico Superior; el Terciario está representado por rocas sedimentarias de la Formación Uva y el Cuaternario está constituido por playas y depósitos aluviales recientes, formados a partir de la meteorización y erosión de las rocas del flanco occidental de la Serranía del Baudó. Desde el punto de vista geomorfológico, la cabecera municipal de Jurubirá se encuentra asentada sobre una barra arenosa que está limitada por playas al occidente y por pantanos de manglar, terrazas fluvio-

marinas y los cauces de los ríos Jurubirá y Chorí hacia el oriente. Por su parte, la cabecera municipal de Nuquí se encuentra asentada sobre una isla barrera limitada al oriente por extensos pantanos de manglar y por los cauces de los ríos Nuquí y Ancachí, y al occidente por extensas playas.

En Nuquí, la erosión fluvial se debe a la dinámica de los ríos Nuquí y Ancachí, a lo largo de los cuales está asentada buena parte de la población. Los sedimentos depositados por estos ríos forman bajos en la margen izquierda, lo que obliga al río a socavar la margen derecha (lugar donde se encuentra la población), provocando la erosión (Figura 2.7).



Figura 2.7. Erosión de orillas en el río Ancachí (izquierda). Erosión causada por un estero al lado de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Nuquí (derecha).

El material tamaño arena y grava altamente deleznable que compone el terreno favorece este proceso, así como el constante tránsito de lanchas que genera olas que impactan directamente contra el talud desprotegido y la hidrodinámica propia de los ríos, con cambios en los procesos de erosión y sedimentación en el cauce. Para esta población dado que la mayor problemática está relacionada a la dinámica fluvial de los ríos Nuquí y Ancachí, tal y como se recomendó en el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal (Municipio de Nuquí, 2005), la obra más recomendada es la construcción de una barrera dura (muro en concreto o con bolsacretos, o un tablestacado en acero) con mantenimiento periódico que impida la socavación y remoción del material de la margen derecha debido a las corrientes; así como la reubicación de la parte de la población que está afectada, y la adecuación de esos terrenos para convertirlos en áreas de protección.

El corregimiento de Jurubirá presenta erosión marina y fluvial, donde la primera es de mayor magnitud. En el extremo norte de la población, en la bocana del río Jurubirá, se aprecia una fuerte socavación en la margen izquierda (sector donde se ubica la población) debido al carácter altamente deleznable del material que compone el terreno, fenómeno agravado durante las mareas altas, especialmente las pujas, que aparte de erosión producen inundaciones en la zona urbana del corregimiento. En dirección hacia mar abierto se presenta un fuerte fenómeno de erosión marina, evidenciado por la presencia de escarpes de erosión, vegetación desarraigada e infraestructura destruida (Figura 2.8). La zona intermareal frente al pueblo de Jurubirá sufrió cambios en las condiciones batimétricas por la redistribución de los sedimentos producida por marejadas muy fuertes que hubo hace aproximadamente cuatro años, propiciando que el oleaje y las pujas llegaran hasta la población y paulatinamente fueran erosionando la barra donde se localiza.

Dada a la alta tasa de erosión marina, la poca altura de terreno con respecto al nivel del mar y la erosión fluvial presente en la parte trasera de la población que indican que cada vez se perderá más terreno, la solución viable y más adecuada es la reubicación de la totalidad de la población



Figura 2.8. Viviendas colapsadas por la intensa erosión marina (izquierda). Palmeras desarraigadas y colapsadas; erosión del talud por escorrentía y socavación en las playas de Jurubirá (derecha).

- **Municipio de Bajo Baudó: poblaciones de Catripe, San Agustín de Terrón, Puerto Rey de Purricha, Pizarro, Sivirú, Ijuá, El Firme y La Comba**

En el municipio de Bajo Baudó afloran rocas volcánicas basálticas del Cretácico y calizas arrecifales, cherts y areniscas del Terciario. El Cuaternario está representado por sedimentos de zonas de manglar, barras arenosas y playas recientes.

Las poblaciones de Catripe, Puerto Rey de Purricha, San Agustín de Terrón, La Comba y El Firme se encuentran asentadas sobre firmes o terrazas fluvio-marinas compuestas por arenas finas a medias, altamente deleznable, localizadas inmediatamente a orillas de los ríos, lo que permite que las mareas, especialmente las pujas, y el oleaje generado por el tránsito de lanchas remueva con facilidad el material de la base del talud de la terraza, llevando al colapso del borde y su retroceso paulatino (Figura 2.9). Se recomienda emprender los estudios técnicos y específicos necesarios para recomendar las mejores obras de control y mitigación del proceso erosivo. Para todos los casos se deben contemplar las murallas construidas en troncos de madera altamente resistentes y anclados mediante perforaciones. Para el caso de Puerto Rey de Purricha y San Agustín de Terrón contemplar la posibilidad de muros de contención con las respectivas obras de drenaje y facilidades para embarcadero. En la Comba, donde se localiza en una curva del río, podrían considerarse también gaviones que ayuden a encauzar el río.



Figura 2.9. Retroceso del talud de la terraza en la población de Puerto Rey de Purricha (izquierda). Retroceso de la costa en el sector de Sivrú con cercas de troncos destruidas (derecha).

En las poblaciones de Sivrú e Ijuá se presenta erosión marina severa que ha llevado a la pérdida de grandes cantidades de terreno (probablemente hasta de 2 km en 20 años en Sivrú y de 100 a 200 m en 60 años en Ijuá). Este fenómeno parece que ha sido favorecido por el hundimiento de terrenos a causa de terremotos, por la formación de esteros y caletas, y la ampliación de bocanas, entre otros factores, generando pérdida de cultivos y viviendas, terrenos e inundación de terrenos (Figura 2.9). Debido a la intensidad y velocidad de la erosión, lo más recomendable es continuar con los programas de reubicación contemplados por parte de la Alcaldía Municipal.

En la zona costera de la cabecera municipal de Pizarro, a lo largo de sus playas, y a lo largo de la desembocadura del río Baudó se observaron muy localmente escarpes de erosión de 70 cm de altura y vegetación desarraigada que evidencian un fenómeno de erosión marina muy leve y localizada. Por el contrario, en los últimos 10 a 15 años se ha venido presentando un fenómeno de acreción de terreno, favorecido por la construcción de una muralla de concreto paralela al río, de barreras de palos paralelos a la playa y de dos espolones. Se recomienda recuperar y extender las barreras de troncos paralelos a la playa, así como prolongar el muro de concreto hasta la caleta adyacente al estero que sirve como embarcadero, lugar donde la población se localiza sobre palafitos en áreas intermareales inundables.

Para todas las poblaciones es primordial implementar una medida de reglamentación para disminuir la velocidad de circulación de las lanchas, con el fin de evitar que el proceso erosivo sea cada día más agresivo, resultando en el desplazamiento de las comunidades, los cambios en las condiciones de los cauces y la sedimentación de las bocanas, entre otros.

- **Municipio de Litoral del San Juan: poblaciones de Pichimá, Togoromá, Docordó y Charambirá**

En el municipio de Litoral del San Juan afloran rocas sedimentarias pliocenas de la Formación Mayorquín, compuesta por lodolitas, lodolitas arenosas y arenitas conglomeráticas. El Cuaternario está constituido por depósitos aluviales recientes, depósitos de playa y de pantano de manglar. Desde el punto de vista geomorfológico, se presentan colinas de hasta 25 m de altura en los alrededores de Docordó y al oriente de Togoromá; Asociado al río San Juan se tiene un valle aluvial de 4 km de ancho, que separa las colinas de extensos pantanos de manglar. Las poblaciones de Pichimá, Togoromá y Charambirá se localizan sobre islas barreras, las cuales se encuentran limitadas hacia el mar por playas y hacia el continente por pantanos de manglar. Las poblaciones costeras del municipio del litoral del San Juan visitadas presentan una grave problemática de erosión tanto fluvial como marina.

Así Docordó, localizada a orillas del brazo Cabeceras del río San Juan, sobre una terraza aluvial compuesta por material altamente deleznable, donde los barrios Los Almendros y Las Mercedes localizados en una curva externa del río hacia la parte noroccidental son los más afectados por los procesos de socavación debidos al impacto de las olas generadas por las embarcaciones, por la desembocadura de caños y aguas servidas sin ningún manejo, por la presencia de inundaciones debidas a pujas grandes que afectan las viviendas y que contribuyen al proceso erosivo debido al lavado de los suelos. Las obras de protección (cercas o barreras en troncos de árboles de nacedero, y rellenos con troncos y maderas de mangle piñuelo) llevadas a cabo por la población no

han evitado la erosión, ya que en los últimos diez años se han perdido 10 m de terreno. Ante esto se recomienda la construcción de un muro de contención teniendo en cuenta la accesibilidad al río, la disipación del oleaje, el control de agua de escorrentía y subterránea, las condiciones hidráulicas del río y geotécnicas del terreno.

La población de Togoromá, debido a la erosión del terreno donde se encontraba en la margen derecha de la bocana, hace 10 años fue reubicada en su posición actual, en una barra arenosa entre el brazo Docordó y el mar, compuesta por arenas sueltas muy susceptibles a la erosión. Según información de los pobladores, luego del sismo de 2004 el terreno bajó, muchas casas se hundieron o ladearon y las pujas empezaron a meterse, al punto que varias viviendas que antes estaban en tierra firme hoy se encuentran sobre palafitos en el río. Ante esto la población implementó barreras en troncos de árboles y rellenos con tablones y otros fragmentos de maderas que permitieron la recuperación de parte del terreno perdido y frenar la acción de las marejadas. Se recomienda la reubicación de la población, pues debido a que las tasas de erosión son muy altas y a la baja altura del terreno, existe la tendencia a la pérdida de más terreno.

Pichimá se encuentra asentada sobre un terreno que corresponde a un gran firme o terraza que se extiende hacia atrás del caserío. Esta superficie es de carácter supramareal, por lo tanto no se inunda, y está conformada por arenas y lodos arenosos altamente susceptibles a la remoción. El proceso erosivo principal lo producen las pujas que lavan el talud y socavan la base del mismo, provocando así el desprendimiento de masas del suelo y el retroceso de la línea de costa, que en los últimos ocho años ha sido de 3 a 6 m (Figura 2.10).



Figura 2.10. Escarpes de erosión en las playas de Charambirá (izquierda). Viviendas palafíticas que antes estaban en tierra firme en Pichimá, hoy están encima del mar debido al retroceso de la línea de costa (derecha).

Dado que la población construyó una barrera de troncos que ha funcionado, pero que está deteriorada, se recomienda la reconstrucción de ésta con especies más resistentes que las actuales y de mayor longitud para evitar la erosión en los extremos. En forma similar debe protegerse la margen derecha del estero localizado en el extremo oriental para evitar que se siga ampliando y derrumbe ese sector de la población. Todo lo anterior debe ir acompañado de obras de revegetalización, sistemas de drenaje para la recolección apropiada de aguas de escorrentía y de aguas servidas.

La población de Charambirá se encuentra localizada sobre un firme o barra arenosa localizada en la bocana del mismo nombre. Esta superficie está limitada lateralmente y en la parte trasera por el estero Pompón y otros menores; tiene un ancho de aproximadamente 150 m entre el río y el estero, y unos 300 m de largo. En esta población se presenta erosión (retroceso de 50 m en 25 años) debido a las pujas luego de que el terreno se hundió como consecuencia al terremoto de 1991, que también generó licuación de suelos (Figura 2.10). Por otro lado, también hay erosión en la parte trasera del pueblo, donde el estero Pompón presenta una curva pronunciada, lo que está generando una socavación intensa en el talud que da hacia la población produciendo un retroceso de 30 m en 12 años. Ante esto se recomienda la reubicación de la población, pues debido a que las tasas de erosión son muy altas y la baja altura del terreno, hay una mayor tendencia a la pérdida.

2.3.2 Aportes realizados sobre los temas físicos por otras instituciones en el Pacífico

2.3.2.1 Determinación del régimen medio y extremal del nivel del mar en ríos y esteros con dinámica mareal en la Bahía de Tumaco

J.E. Gutiérrez y M.G. Puentes. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico)

En este trabajo fue determinado el régimen medio y extremal del nivel del mar en ríos y esteros con dinámica mareal en la Bahía de Tumaco, en el marco del proyecto Determinación Técnica de la Jurisdicción de la Dirección General Marítima (Dimar) para el Pacífico colombiano.

Para determinar el régimen medio y extremal del nivel del mar se realiza un análisis de los factores que producen el ascenso y descenso del nivel del mismo, como son: la marea astronómica, producida por los efectos gravitacionales del sistema Tierra-Luna-Sol, y la marea meteorológica, debida a presión y viento, la configuración de la costa y la batimetría de la zona. La metodología utilizada fue el análisis por separado de la marea astronómica y meteorológica, las cuales determinan el nivel del

mar en cualquier instante. Para el estudio de la marea astronómica se utilizó el análisis armónico y modelos numéricos de propagación y generación de marea; para la marea meteorológica se utilizaron métodos indirectos de simulación basados en técnicas de Montecarlo. Se muestran resultados del régimen medio y extremal del nivel del mar para los esteros Aguaclara, Resurrección, Trapiche, Cuéllar, El Mico, Llanaje y para los ríos Rosario, Colorado y Curay.

2.3.2.2 Hidrodinámica en la Bahía de Tumaco como agente en los procesos de transporte y arrastre de hidrocarburos y determinación del mapa de sensibilidad como una herramienta auxiliar para el monitoreo ambiental (E. Rodríguez-Rubio y M.G. Puentes. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico)

Este estudio permitió la configuración y aplicación de un modelo hidrodinámico para la Bahía de Tumaco, el cual mediante el uso de un módulo especializado para el estudio de derrames de hidrocarburos, permitió la generación de tres escenarios de derrame al interior de la bahía y el estudio de sus trayectorias, las cuales sirvieron como insumo para el desarrollo de mapas de sensibilidad ambiental. El modelo utilizado quedó configurado como una herramienta de diagnóstico y pronóstico ante un eventual derrame de hidrocarburos al interior de la Bahía de Tumaco, pudiendo localizar y modelar cualquier evento de derrame previa adquisición de los datos básicos del derrame como son: localización geográfica, fecha y hora, tipo de crudo y variables ambientales de la época del incidente.

2.3.2.3 Estimación del riesgo por tsunami de origen cercano en la población de Guapi (M.G. Puentes y R. Sánchez. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico)

En esta investigación se estimó el nivel de inundación por tsunami de origen cercano en la población de Guapi, a partir de la simulación numérica de 32 posibles escenarios de eventos tsunamigénicos creados desde la combinación de 8 posibles epicentros (2.40°N, 79.69°W; 3.00°N, 79.20°W; 3.50°N, 78.75°W; 3.90°N, 78.40°W; 2.35°N, 79.31°W; 2.86°N, 78.86°W; 3.30°N, 78.49°W y 3.65°N, 78.15°W), dos magnitudes sísmicas (Mw 8.6 y Mw 7.9) y dos estados de marea regente (media de 1.63 m y alta de 2.75 m).

Con el análisis de los resultados de las simulaciones se identificó el escenario más desastroso para la zona de estudio, teniendo en cuenta la mayor altura de la lámina de agua inundante y el menor tiempo de arribo de la primera ola. Como en

trabajos anteriores se encontró que la magnitud sísmica es la variable que más influye en el nivel de inundación, en este caso para la población de Guapi se encontró que sismos de magnitud de Mw 7.9 revisten amenaza muy baja, con pequeñas inundaciones en zonas bajas. Por el contrario para sismos con magnitud Mw 8.6, indistinto al estado de marea, todos los epicentros constituyen amenaza para dicha población.

2.3.2.4 Isótopos de oxígeno en aguas del Pacífico colombiano: su relación con los patrones hidrológicos y de salinidad, y su importancia en la reconstrucción de condiciones paleoceanográficas

(J.I., Martínez, A. Benway y H. Giraldo)

Las medidas de isótopos de oxígeno (d_{18O}) en foraminíferos planctónicos son una técnica ampliamente usada en la reconstrucción de condiciones paleoceanográficas (salinidad y temperatura) en el pasado. Sin embargo, su uso está supeditado al entendimiento de la relación entre las medidas isotópicas en el agua con el régimen hidrológico, que depende tanto del balance precipitación–evaporación como de la advención de humedad atmosférica, entre otros. Se presentan aquí los resultados del análisis isotópico de 44 muestras de agua, colectadas a diferentes profundidades de la columna de agua, entre la superficie y los 100 m, colectados durante el crucero ERFEN-2005 y se comparan con medidas de la salinidad. El análisis arrojó dos grupos de resultados isotópicos. Se encontró una relación de $d_{18O} = 0.1782S - 5.8683$ que agrupa la mayoría de las muestras. Su pendiente es más baja que la hallada para la ensenada de Panamá y el sur de Costa Rica durante el crucero NEMO-2000 y EPIC-2001. Esta baja pendiente implica una mayor influencia de humedad local por efectos de los complejos convectivos de meso-escala, asociados al chorro del Chocó. Se discuten las implicaciones de este hallazgo en el contexto de la información isotópica medida en foraminíferos planctónicos en la Cuenca de Panamá

2.4 Literatura citada

- Casas-Serrano A. C., Martínez-Whisgman L. A., Universidad Jorge Tadeo Lozano. 2010. Diagnostico sobre la erosión de la línea de costa (1954-2007) en las islas Grande Tesoro y Rosario, Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario – Caribe Colombiano.
- González, C., Urrego, L.E., Martínez, J.I., Polanía, J., Yokoyama, Y. 2010. Late Holocene mangrove dynamics in the Colombian Caribbean since the 'Little Ice Age: a history of human and natural disturbances. *The Holocene* 20(6), 849-861. doi: 10.1177/0959683610365941.

- Guerrero, M., Moreno, D., Arrieta, A. 2010. Evolución histórica de la línea de costa a lo largo de la zona del proyecto Avenida Bicentenario. Universidad de Cartagena
- Gutiérrez J.E. y Puentes M.G. 2010 Determinación del régimen medio y extremal del nivel del mar en ríos y esteros con dinámica mareal en la bahía de Tumaco. Informes CCCP.
- Inveemar, Colciencias y Gobernación del Magdalena., 2010. Programa de investigación en erosión costera del Caribe colombiano. Análisis y valoración de los procesos erosivos en la costa continental e insular del Caribe colombiano.
- Inveemar, Gobernación de Antioquia, Corpourabá y Municipio de Turbo. 2010. Estudios para determinar las alternativas de solución a los problemas de erosión costera del municipio de Turbo, departamento de Antioquia. INFORME TÉCNICO FINAL. 257 p. 10 Anexos
- Martínez, J.I., Yokoyama Y., Gomez A., Delgado A., Matsuzaki H., RENDON E., 2010. Late Holocene marine terraces of the Cartagena region, southern Caribbean: The product of neotectonism or a former high stand in sea-level?. *J. South American Earth Sc.* 29, 214-224. doi:10.1016/j.jsames.2009.08.010.
- Martínez, J.I., Mix, A., Benway, H., Giraldo. 2010. Isótopos de oxígeno en aguas del Pacífico colombiano: su relación con los patrones hidrológicos y de salinidad, y su importancia en la reconstrucción de condiciones paleoceanográficas. *Memorias Seminario Nacional de Ciencias del Mar, Cali, Octubre. 2010.*
- Posada, B., J. Idárraga-García, E. Moreno, D. Morales., 2010a. Evaluación de zonas críticas del departamento de La Guajira, Caribe colombiano: corregimientos El Pájaro y Punta de los Remedios. Proyecto BPIN Programa de prevención y propuestas para la mitigación de la erosión costera en Colombia. INVEMAR Informe Final año 2010. 67 p. 3 Anexos.,
- Posada, B., J. Idárraga-García, E. Moreno, D. Morales. 2010b. Evaluación de zonas críticas del departamento de Chocó. Caso de estudio: cabecera municipal de Juradó. INFORME FINAL. Programa Geociencias Marinas. INVEMAR. 2010 p. 18 Anexos.
- Posada, B., J. Idárraga-García, E. Moreno. 2010c. Evaluación de zonas críticas en el municipio de Litoral del San Juan, departamento de Chocó: poblaciones de Pichimá, Togoromá, Docordó y Charambirá. INFORME FINAL. Programa Geociencias Marinas. INVEMAR. 36 p. 1 Anexo.
- Puentes M.G., Sanchez R. 2010 Estimación del riesgo por tsunami de origen cercano en la población de Guapi informes CCCP.
- Rodriguez-Rubio, E., Puentes M.G. 2010 Hidrodinámica en la Bahía de Tumaco como agente en los procesos de transporte y arrastre de hidrocarburos y determinación del mapa de sensibilidad como una herramienta auxiliar para el monitoreo ambiental. Informes CCCP.



3. Calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos

Lizabeth Janet Vivas-Aguas, Silvia Narváez y Marko Tosic

El concepto de calidad del agua está determinado por varios elementos, como el uso del recurso, los niveles naturales de ciertas sustancias y la presencia de compuestos ajenos al medio natural. Mientras que el estado de la calidad, sea adecuado o deteriorado, puede estar influenciado tanto por la dinámica del cuerpo de agua, como por la incidencia de fenómenos naturales y actividades antropogénicas (Chiappone, 2001). En años recientes, el efecto de las actividades humanas como fuentes de contaminación ha llamado la atención de los países, ya que se ha dado la introducción al medio marino de diferentes agentes que han afectado las condiciones ambientales con repercusiones en las comunidades biológicas y los usos del agua, así como en los beneficios sociales y económicos generados a partir de los ecosistemas marino-costeros (Ofiara y Seneca, 2006). Debido a la degradación de los ecosistemas, mundialmente se han realizado esfuerzos para evaluar la calidad del agua y permitir una gestión y desarrollo sostenible que garanticen las condiciones de éste recurso en todas las regiones. Estos procesos de evaluación son abordados a través de diferentes mecanismos, donde se emplean diferentes variables para describir las características y condiciones de los cuerpos de agua. Debido a que cada variable puede aportar información sobre el estado de la calidad de las aguas, se han desarrollado indicadores e índices que permiten suministrar información de manera simple y resumida, que puede ser empleada por parte de las autoridades para el control y vigilancia de los cuerpos de agua, así como por el público en general para el conocimiento de los recursos marinos (Fernández et al., 2005; Pérez y Rodríguez, 2008).

Este capítulo presenta una descripción de las fuentes terrestres de contaminación que tienen influencia en las condiciones de las aguas marino-costeras de Colombia y la calidad en el Pacífico y Caribe durante el año 2009 y la época seca de 2010, con base en la aplicación de los índices de calidad de aguas marino-costeras para Preservación de Flora y Fauna (ICAM_{PFF}) y para Recreación, Actividades Náuticas y Pesqueras (ICAM_{RAP}), desarrollados por INVEMAR. Los indicadores fueron calculados con los datos del monitoreo anual que realiza la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (RedCAM). Adicionalmente, se incluyen resultados de investigaciones adelantadas por la Universidad Nacional de Colombia, la Dirección de Investigaciones de Palmira (Dipal) y el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCCP).

3.1. Fuentes terrestres de contaminación de las aguas marinas y costeras

Las actividades antropogénicas juegan un papel importante en la degradación de las aguas marinas y costeras, porque pueden afectar sus características a través del uso en procesos industriales, vertederos y vías de transporte de residuos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales producen contaminación y reducción de la calidad a lo largo de las cuencas hidrográficas y en las zonas costeras, amenazando la salud humana y el funcionamiento natural de los ecosistemas acuáticos (Burton, 2003).

En la cuenca baja de los ríos y los litorales de Colombia existen múltiples actividades que generan residuos líquidos y sólidos producto de actividades industriales, agrícolas y portuarias, así como las descargas municipales, entre otras (Figura 3.1). Algunas de estas actividades que se realizan al interior del continente, impactan la zona costera a través de las descargas de aguas superficiales y subterráneas que transportan contaminantes. Las cuencas que drenan a las costas de Colombia tienen un área de 450000 km² y representan el 40 % del país, de las cuales el 33 % desembocan al Caribe y 7 % al Pacífico. Casi la mitad del área está clasificada como natural (~48 %) pero la otra mitad está compuesta por áreas agrícolas, pastos, áreas urbanas e industriales con capacidad para aportar sus residuos líquidos y sólidos al mar (IGAC, 2010). Estos residuos son fuente importante de materia orgánica, detergentes, sólidos, nutrientes inorgánicos y microorganismos de origen fecal que disminuyen la disponibilidad de oxígeno, afectando la calidad del agua costera (Figura 3.1).

El movimiento de los contaminantes desde el continente hacia el mar depende de factores como la cobertura terrestre y el drenaje de las cuencas hidrográficas, entre otros. La mayoría del agua terrestre de las cuencas analizadas drena de la cuenca del río Magdalena, con un área de 270000 km², que representa el 24 % de todo el país y el 60 % del área que fluye al litoral en los departamentos de Atlántico y Bolívar. Una gran proporción de la cuenca es dedicada a la agricultura que aporta por escurrimiento de nutrientes, sedimentos y plaguicidas, aunque una parte de estos contaminantes no llegan a la costa debido a que se depositan durante el transporte.

La zona costera entre Barranquilla y el Golfo de Urabá, por estar densamente desarrollada es más susceptible a impactos de contaminación. Al Golfo de Urabá fluye la gran cuenca del río Atrato, que drena áreas de minería, las cuales teóricamente contaminan las aguas con metales pesados. Aparte de la actividad minera de la cuenca del Atrato, la mayoría de las minerías se encuentran en el oeste del país drenando al océano Pacífico, donde las cuencas son generalmente caracterizadas por ser áreas naturales y poco intervenidas (IGAC, 2010).

Uno de los mayores impactos sobre la zona costera es la disposición inadecuada de aguas residuales domésticas (ARD). Esta problemática se ve generalizada en la mayoría de los asentamientos costeros del Caribe y el Pacífico, debido a que no alcanzan al 30 % en cobertura de alcantarillado y son muy pocos los municipios que cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales (SSPD, 2009), tal es el caso de Santa Marta, Cartagena y San Andrés que utilizan emisarios para la dilución de las aguas servidas; Barranquilla, Arboletes, Necoclí y Turbo utilizan lagunas facultativas o de oxidación, San Juan de Urabá se sirve de un reactor anaerobio de flujo ascendente (AAS, 2008; AAS, 2009; Alcaldía Municipal de Necoclí, 2008).

Por otro lado, en varios municipios costeros los residuos sólidos todavía se disponen en basureros a cielo abierto, enterramientos y quemas, además existe un porcentaje de la población que los arroja directamente a los ríos, ciénagas o al mar (SSPD, 2009), convirtiéndose en otra fuente de contaminación de la zona costera.

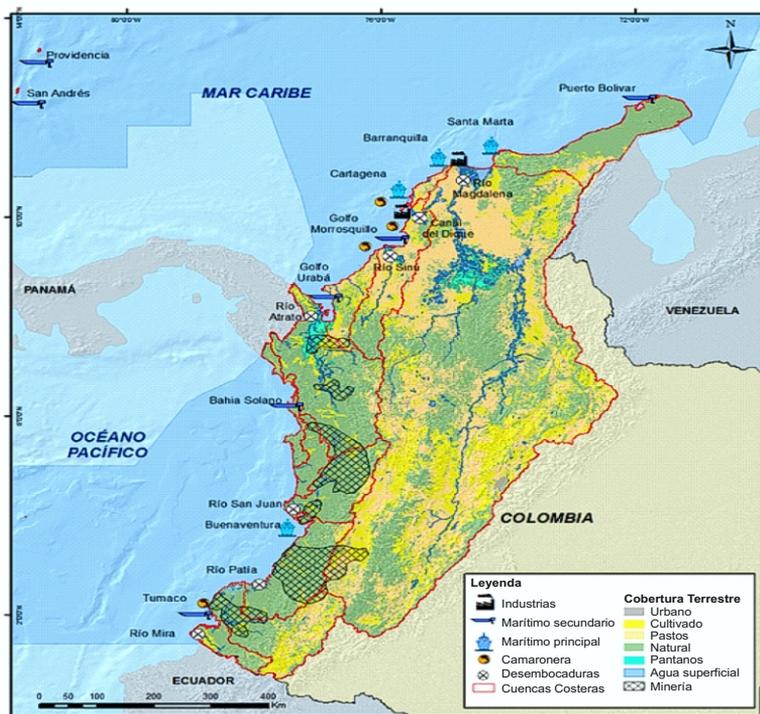


Figura 3.1. Principales fuentes terrestres de contaminación a las aguas marinas y costeras de Colombia. (Fuente: IGAC, 2002, 2010a y 2010b; Supertransporte, 2008; DANE, 2009).

Una gran parte de contaminantes que llegan al mar lo hacen a través de los ríos y de la escorrentía costera, provocando efectos importantes en los estuarios y recursos vivos

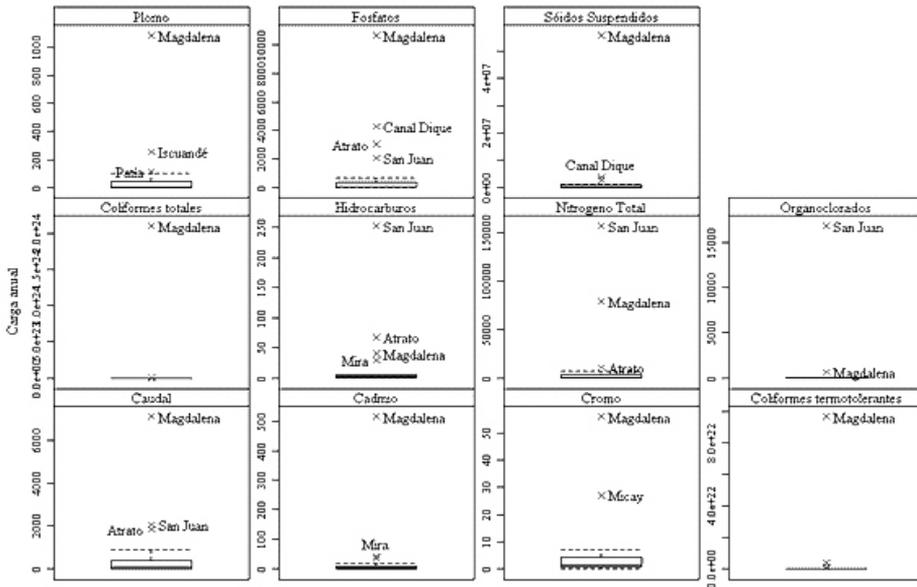


Tabla 3.1. Escala de valoración del Índice de calidad de aguas marinas y estuarias (ICAM). (Modificado de: Marín *et al.*, 2003).

Para el cálculo y análisis del ICAM del período 2009-2010 se seleccionaron las estaciones de muestreo de la RedCAM con mayor representatividad de variables mínimas indicadoras (Marín *et al.*, 2003; Vivas-Aguas, 2007).

3.2.1 Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM_{PF})

La calidad del agua para el uso de preservación de flora y fauna se define en función del conjunto de variables o características físicas, químicas, biológicas que ésta adquiere a través de diferentes procesos naturales; del contenido de contaminantes, producto de actividades antropogénicas; de sus valores de aceptación o de rechazo, los cuales deben cumplir con los estándares preestablecidos y que son considerados aptos para proteger el hábitat de una especie o una comunidad de flora o fauna en los ecosistemas marino-costeros (Beamonte *et al.*, 2004; Bianucci *et al.*, 2005).

Con estos criterios se estableció el ICAM_{PF}. El valor calculado para las épocas seca y lluviosa de 2009 (Figura 3.3a) muestra que el 89% de los ICAM_{PF} (235) estuvieron dentro de la calificación de calidad adecuada y satisfactoria (Figura 3.3a), con el mayor número de casos en aguas marinas de los departamentos de Magdalena y La Guajira en la época lluviosa, que para el año 2009 fue especialmente atípica, debido al evento El Niño severo que generalizó un periodo seco en el último trimestre del año (Ideam, 2010a). El 9 % de los ICAM_{PF} (21) mostraron calidad regular o deficiente y sólo el 2 % alcanzó una calidad inadecuada, correspondiente a 5 valores ICAM_{PF} ubicados en los departamentos de Antioquia, Sucre y Córdoba.

En el 2010 el 55 % de los ICAM_{PF} (130) calculados mostraron condiciones adecuadas o excelentes, especialmente en los departamentos de Magdalena, La Guajira y Nariño (Figura 3.3b); el 36 % calidad satisfactoria; el 7 % calidad deficiente, y el 2 % calidad inadecuada, para 2 estaciones de los departamentos de Antioquia y Córdoba. El número de índices entre categorías no mostró diferencias apreciables para 2009, posiblemente porque no hubo diferencias climáticas, debido a que en mayo de 2009 empezaba a manifestarse el evento El Niño, que alcanzó su etapa máxima entre

finales de 2009 e inicio de enero de 2010 (Ideam, 2010a), siendo éste un período bastante seco (Ideam, 2010b).

Color	Calificación	Nivel de riesgo	Rango numérico ICAM (%)
Verde	Excelente-Adecuado	No hay	75 a 100
Amarillo	Bueno-Satisfactorio	Bajo	50 a 75
Naranja	Regular-Deficiente	Medio	25 a 50
Rojo	Malo-Inadecuado	Alto	0 a 25

condiciones con índices consecutivos de precipitación en época de la región Caribe, gran parte de la región Andina y centro de la región Pacífica (Ideam, 2010c), debido al inicio de un evento La Niña que incrementó los volúmenes de lluvias en el segundo trimestre en gran parte del territorio nacional (Ideam, 2010d). Este incremento en las precipitaciones favoreció el aumento del caudal de los ríos (Ideam, 2010e), las escorrentías y las descargas de aguas ricas en nutrientes, sólidos y todo tipo de sustancias contaminantes desde el continente a la zona costera, las cuales se manifestaron en el aumento del porcentaje de ICAM_{PF} con calidad inadecuada y deficiente, indicando riesgo de contaminación por el ingreso de mayores concentraciones de nutrientes, sólidos en suspensión y coliformes del continente hacia la zona costera.

En el Caribe los sitios que mostraron índices en un estado de inadecuada y deficiente calidad fueron las desembocaduras de los ríos Volcán, Currulao, León, Guadualito, Caimán Nuevo en el Golfo de Urabá; y en Turbo las playas de Arboletes, Martina, Necolí y la Estación del Muelle. En el Golfo de Morrosquillo, las estaciones de Puerto Escondido y Moñitos (Córdoba), Coveñas Coquerita y las playas de los hoteles Playa Mar y Montecarlo en el departamento de Sucre. En Bolívar, las desembocaduras del Canal del Dique y del Caño Matunilla; en la Bahía de Cartagena, a la altura del Muelle Oceanográfico, Boya 41 y Alcalis; y en Atlántico, Punta Roca y la Urbanización la Playa. En el Magdalena, las estaciones Emisario Submarino, Muelle de Cabotaje (Calle 10) y Puente de la Calle 22. En La Guajira, el río Ranchería y playa de Riohacha (Figura 3.4).

En el Pacífico sólo presentaron condiciones deficientes las estaciones con la influencia de los ríos Chagüí y Mejicano.

En el análisis más detallado, las variables que determinaron condiciones de calidad deficiente fueron principalmente las altas concentraciones de sólidos suspendidos y coliformes, y la baja concentración de oxígeno disuelto. En menor proporción algunos datos puntuales de altas concentraciones de hidrocarburos, plaguicidas organoclorados y ortofosfatos (INVEVAR, 2010).



Figura 3.3. Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para preservación de flora y fauna ($ICAM_{PFF}$) entre 2009 (a) y 2010 (b) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa (Tabla 3.1). S: época seca y L: época lluviosa.

Figura 3.4. Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la RedCAM evaluados con el $ICAM_{PFF}$ en el período 2008-2009. Los colores de los círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa

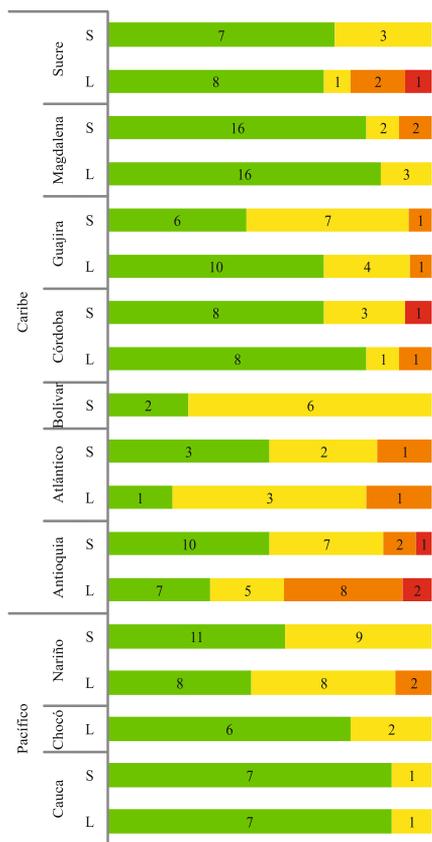
3.2.2 Evaluación de la calidad de las aguas marino-costeras para recreación, actividades náuticas y pesca ($ICAM_{RAP}$)

Por otra parte, se calculó el indicador para recreación, actividades náuticas y pesqueras ($ICAM_{RAP}$). Esta información permite garantizar el desarrollo de actividades turísticas y la protección de los bañistas, teniendo en cuenta que la aptitud del agua marino-costera para actividades recreativas tiene un papel fundamental en el desarrollo de las poblaciones, ya que estas cumplen con diferentes propósitos en el ámbito social, económico y ambiental (Stewart *et al.*, 2008; Machado y Mourato, 2001).

En la evaluación del agua marino-costera para el 2009, el 35 % de los $ICAM_{RAP}$ calculados (74) estuvieron en la categoría de calidad adecuada; el 46 % se mantuvo en el rango satisfactorio; el 12 % en situación deficiente, y el 7 % de los índices con inadecuada o mala calidad, sin diferencias para las épocas climáticas seca o de lluvias (Figura 3.5a).

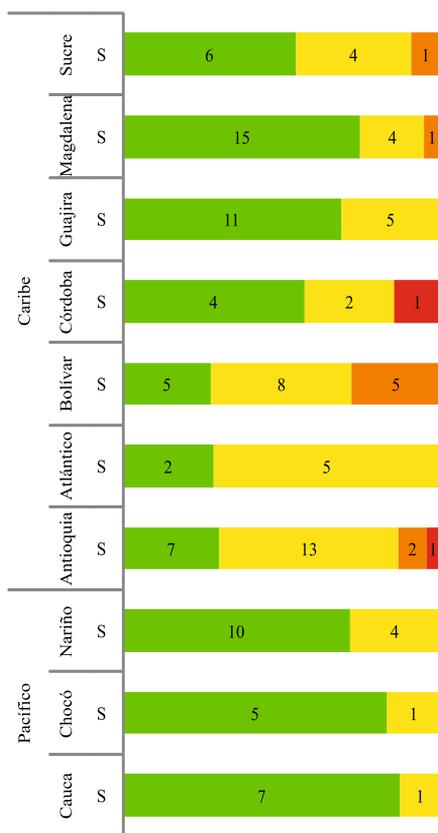
a. ICAM_{PFF}

■ Adecuada ■ Satisfactoria ■ Deficiente ■ Inadecuada



b. ICAM_{PFF}

■ Adecuada ■ Satisfactoria ■ Deficiente ■ Inadecuada



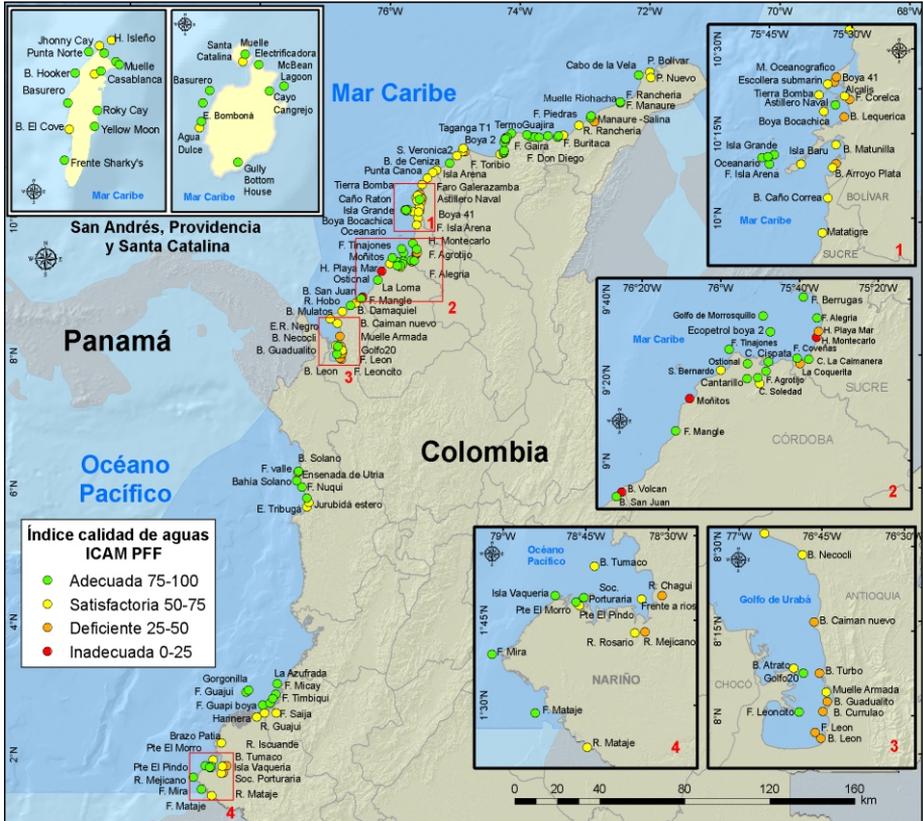


Figura 3.5. Calidad de las aguas marino-costeras evaluadas con el índice para la recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM_{RAP}) entre 2009 (a) y 2010 (b) en las zonas costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Los valores en la barra de la gráfica representan el número de índices en esa categoría por cada departamento, los colores de las barras representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa. S: época

seca y L: época lluviosa.

Para la época seca del 2010, el 44 % de los índices ICAM_{RAP} alcanzaron una calidad adecuada, la mayoría en el departamento del Magdalena; el 40 % de los ICAM_{RAP} estuvieron en el rango de calidad satisfactoria, y el 16 % en calidad deficiente e inadecuada, ubicándose los peores casos en los departamentos de Antioquia y Córdoba (Figura 3.5b).

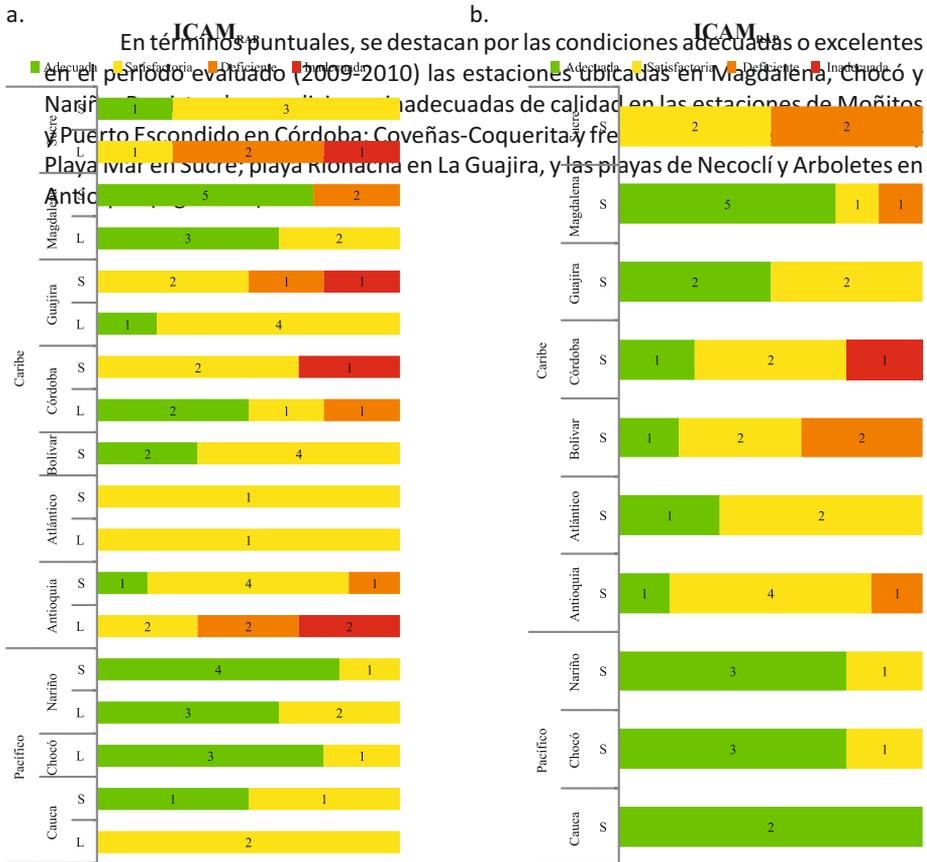
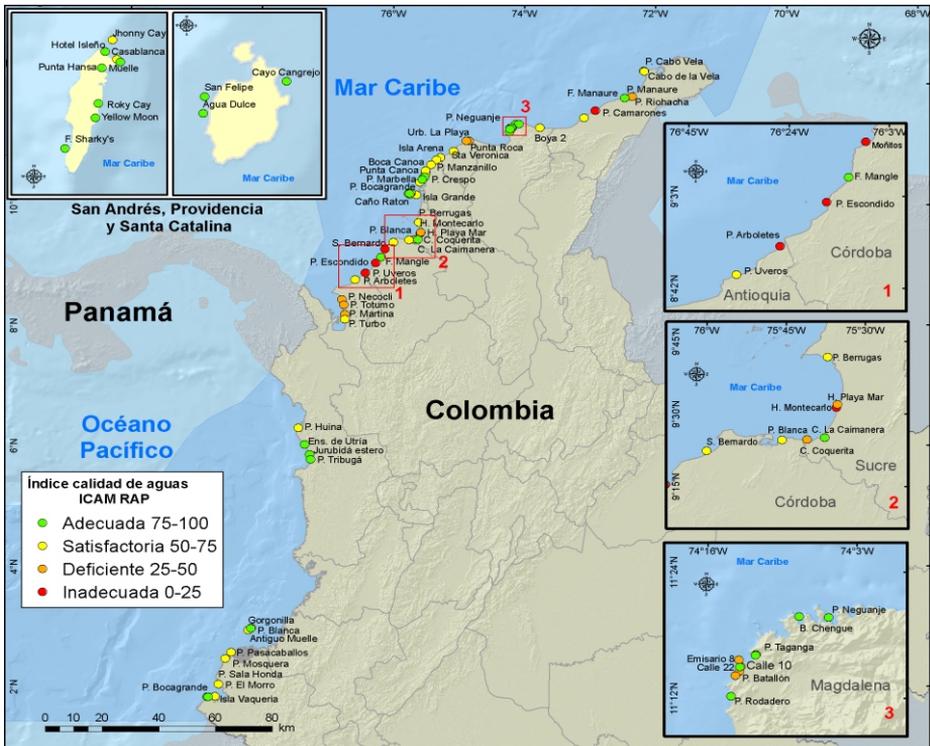


Figura 3.6. Calidad del agua marino-costera en los sitios de muestreo de la RedCAM evaluados con el índice para la recreación, actividades náuticas y pesca (ICAM_{RAP}) en el período 2009–2010. Los colores de los



círculos representan la calidad de acuerdo con la escala indicativa.

En el Valle del Cauca, aun cuando no se evaluaron todos los parámetros requeridos para el cálculo del indicador, es importante notar que las playas presentaron condiciones recurrentes de riesgo sanitario para las actividades de recreación por las concentraciones elevadas de microorganismos de origen fecal. En general, las variables responsables de las condiciones deficientes e inadecuadas en las aguas marino-costeras del Caribe y Pacífico fueron principalmente los sólidos suspendidos, el oxígeno disuelto y los coliformes (bacterias relacionadas con la ocurrencia de enfermedades gastrointestinales en los bañistas). De manera complementaria, el aumento del material suspendido contribuye a prolongar la supervivencia de los microorganismos, ya que sirve como sustrato para que éstos puedan adherirse, incrementando la turbidez, lo cual reduce el efecto bactericida de la luz a lo largo de la columna de agua (Mallin *et al.*, 2000).



La Bahía de Tumaco ha sufrido varios derrames de hidrocarburos, siendo entre los más importantes el del año 1976 a causa del hundimiento del buque tanquero “Saint Peter”, evento en el que se derramaron unas 3000 toneladas de crudo; otro

derrame significativo ocurrió en 1982 y el último, de gran importancia, tuvo lugar en 1996 y se originó por el rompimiento de mangueras en el terminal de Ecopetrol por parte del buque griego “Daedalus”, en el que se derramaron 1500 barriles de crudo a la bahía.

El estudio del componente hidrodinámico de los cuerpos de agua de las áreas potencialmente afectadas por derrames de hidrocarburos fue uno de los principales objetivos de este proyecto, el cual tiene como fin aplicar un modelo hidrodinámico con énfasis en derrames de hidrocarburos, para determinar las posibles rutas de dispersión de los derrames que se podrían presentar en la Bahía de Tumaco, teniendo en cuenta las características propias del hidrocarburo (densidad y viscosidad), así como los diferentes procesos involucrados como son: dispersión, evaporación, sedimentación, dilución y emulsificación, entre otros. Se utilizó el modelo hidrodinámico tridimensional MOHID, desarrollado por Marine and Environmental Technology Research Center (Maretec) de la Universidad Técnica de Lisboa, el cual fue calibrado en campañas de campo.

La configuración y aplicación del modelo hidrodinámico permitió la generación de tres escenarios de derrame al interior de la bahía y el estudio de sus trayectorias, las cuales sirvieron como insumo para el desarrollo de mapas de sensibilidad ambiental. El modelo utilizado quedó configurado como una herramienta de diagnóstico y pronóstico ante un eventual derrame de hidrocarburos, pudiendo localizar y modelar cualquier evento de derrame a partir de datos de localización geográfica, fecha, hora, tipo de crudo y variables ambientales de la época del incidente.

3.3.2 Detección de los florecimientos de algas usando datos de fluorescencia MODIS en el Pacífico colombiano

(C. Piedrahíta, J. Selvaraj y A. Guzmán-Alvis. Dirección de Investigaciones de Palmira, Universidad Nacional de Colombia)

Se usaron datos mensuales del color del océano del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), satélite AQUA, con resolución 4 km, para identificar florecimientos de algas en el Pacífico colombiano en el período 2005–2009 y determinar cómo las características oceánicas influyen en la dinámica de los florecimientos de algas. MODIS proporciona la capacidad de medir la fluorescencia de la clorofila, lo que genera una idea de la salud del fitoplancton en el océano. Cuando el fitoplancton se encuentra bajo estrés deja de fotosintetizar y empieza a emitir la radiación solar absorbida como fluorescencia. El producto de MODIS Fluorescence Line Height (FLH) es útil para detectar florecimientos de fitoplancton en presencia de otros constituyentes del agua ópticamente importantes como la materia orgánica disuelta o sedimentos suspendidos (Hu *et al.*, 2005). Como no fueron disponibles los datos in situ

de los florecimientos de fitoplancton en la costa Pacífica colombiana, se utilizó literatura basada en rangos de FLH ($\sim > 0.05 \text{ mW/cm}^2/\text{um/sr}$), según los estudios de Hu *et al.* (2005) y Ryan *et al.* (2009) quienes reportan estudios realizados en la costa suroeste de La Florida y en la Bahía de Monterey, California.

Siempre se encontró una constante en la presencia de valores altos de fluorescencia en la zona comprendida en la Ensenada de Panamá, alejada de la costa durante febrero de todos los años de estudio; allí también se presentaron concentraciones altas de clorofila y valores bajos de Temperatura Superficial del Mar (TSM). Entre marzo y abril se formó una pluma de alta fluorescencia que se desplazó al sur de la ensenada en dirección norte-sureste. En abril, para los años 2006, 2008 y 2009 entre los 79°5' y 81°0' de longitud Oeste y los 3°8' y 5°8' de latitud Norte, se formó un anillo donde se concentraron valores altos de FLH. Este desplazamiento hacia el sur se debe a que el Pacífico colombiano es influenciado por diferentes dinámicas oceanográficas como la intensificación de los vientos Alisios del Noreste; el chorro de Panamá que trae consigo corrientes frías; el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y las surgencias (Giraldo *et al.*, 2008; Rueda-Bayona *et al.*, 2007; Villegas, 2003; Selvaraj *et al.*, 2010).

Los resultados también mostraron que en general existe una relación lineal entre la clorofila-*a* derivada de MODIS y los datos de fluorescencia de MODIS; algunas regiones costeras no presentaron esta relación, debido a que la clorofila y la materia orgánica presentan la misma reflectancia, impidiendo diferenciar en el algoritmo, puesto que éste se basa en las bandas espectrales azul/verde (Lavender y Groom, 2001), sobreestimándose los valores en la costa por presentar alta cantidad de materia orgánica. En el algoritmo de FLH se usan las bandas espectrales de la parte roja del espectro luz, donde la fluorescencia de la clorofila domina el total de la señal (Hu *et al.*, 2005), siendo más exactas las imágenes de FLH para identificar florecimientos de algas (Ahn y Shanmugam, 2006; Hu *et al.*, 2005; Letelier y Abbott, 1996). En las regiones donde se encontró un posible florecimiento de algas correspondieron con valores más bajos que el promedio de TSM.

3.3.3 Variación de la calidad ambiental en la Bahía de Buenaventura evaluada con bioindicadores bentónicos

(A. Guzmán-Alvis y J. Selvaraj. Universidad Nacional de Colombia y la Dirección de Investigaciones de Palmira).

Los servicios que brindan los ecosistemas sanos son fundamentales para el bienestar de las personas, porque cubren las necesidades materiales básicas para la supervivencia, que son el fundamento de otros aspectos del vivir bien (Reid, 2006; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2006). La región Pacífica ha

tenido un desarrollo socioeconómico, sin embargo no ha ido acorde con el uso sostenible, se ha generado una degradación paulatina del medio a través de los agentes de transformación antrópica que inciden en el hábitat de los recursos pelágicos y bentónicos costeros de la región (Zapata *et al.*, 2007).

Las aguas de la Bahía de Buenaventura están afectadas por actividades humanas que entre otras favorecen el enriquecimiento orgánico. Por ello se ha utilizado un índice ecológico AMBI para evaluar el estado y condición de los ecosistemas en los ambientes bentónicos de la bahía, ya que las comunidades bentónicas describen las presiones acumuladas que afectan al ecosistema. La distribución de la abundancia de cada una de las taxas encontradas en dos años (2007 y 2009) se clasificó en cinco categorías ecológicas: (i) sensible a contaminación orgánica, (ii) indiferente, (iii) tolerante, (iv) especies oportunistas de primer y (v) especies oportunistas de segundo orden, de acuerdo con el AMBI. Comparando las cinco estaciones ubicadas en la Bahía se encontró que: (a) La estación que se encuentra cerca de la tubería de aguas servidas en el año 2009 mejoró su calidad ambiental, disminuyeron las concentraciones de nutrientes (nitritos y amonio) y oligoquetos oportunistas, cambió de una condición fuertemente perturbada a moderadamente perturbada; b) La estación ubicada en el estero El Aguacate también mejoró su calidad ambiental de una condición moderadamente perturbada en 2007 a ligeramente perturbada en 2009, disminuyendo también los niveles en la concentración de las variables medidas; las especies de 2009 eran indiferentes al enriquecimiento orgánico y se presentaron en condición normal a ligeramente desbalanceada; c) Estaciones retiradas de la ciudad de Buenaventura, ubicadas en el estero del río Anchicayá, mostraron una condición normal a ligeramente desbalanceada. Dos de ellas, no modificaron su estado, mientras que otra mejoró su condición ecológica al no estar perturbada, allí se presentaron taxas muy sensibles a enriquecimiento orgánico como *Aricidea sp* y *Lumbriner ssp* (Borja *et al.*, 2000). En 2009 la Bahía presentó una amplia calidad ecológica, que se incrementa gradualmente del interior hacia el exterior; los resultados son similares cuando se incluye en el índice toda la comunidad bentónica cuando se analizan sólo los anélidos.

El AMBI, aceptado y usado ampliamente en zonas templadas para evaluar la salud de los ecosistemas costeros, muestra concordancia con los resultados de los análisis de las variables físico-químicas, por tanto puede convertirse en una herramienta para la evaluación de la salud de los ecosistemas. Sus resultados coinciden con las concentraciones de los nutrientes que fueron mayores en las estaciones con mayor grado de perturbación, influenciando la distribución de las especies. Las concentraciones encontradas pueden proceder de los aportes de materia orgánica que recibe el medio de manera natural y antrópica.

3.3.4 Caracterización microbiológica de la Bahía de Tumaco y de las aguas de lastre

de los buque-tanques que arriban al puerto de Tumaco

(D.E. Rodríguez-Cuitiva, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico)

Con el fin de establecer la línea base portuaria para la Bahía de Tumaco y la caracterización de las aguas de lastre de buques de tráfico internacional se realizaron seguimientos en marzo, junio y septiembre del 2010 en una malla de muestreo de seis estaciones previamente establecidas. En cada estación se tomaron muestras en marea baja y marea alta. En los buques se muestrearon 48 tanques de aguas de lastre de 18 buques que arribaron al Terminal Multiboyas de Ecopetrol en la Bahía de Tumaco. En este ámbito se determinaron las concentraciones de microorganismos patógenos en la Bahía de Tumaco, donde se encontró *Pseudomonas* en un rango desde 0 a 20UFC/100ml, *enterococos* entre 0 y 127UFC/100 ml y hongos entre 0 y 23×10^3 UFC/100 ml. Asimismo, se determinó la presencia de *Salmonell* spp en un 66.7% y *Shigellas* pp en un 61.1%.

En los muestreos realizados durante marzo y junio se detectó presencia de *Salmonella* spp en todas las estaciones durante las dos mareas, con excepción de la Estación 13, lo que puede obedecer a un bajo proceso de recambio de las aguas en la Bahía; mientras que en el muestreo de septiembre sólo se determinó su presencia en las estaciones E26 en marea alta y E23 en marea baja. Con respecto a *Shigella* spp se registró presencia durante los tres muestreos para ambos estados de marea.

En marzo y junio, en las estaciones E23 y E26 los enterococos se encontraron por encima del límite permisible (<40UFC/100ml), debido a la influencia de los ríos y vertimientos. Con respecto a las aguas de lastre de los buque-tanque, en 17 de los 18 muestreados se encontró *Escherichia coli* en una concentración de 2 a 292 UFC/100ml, con un valor promedio de 43.67 UFC/100ml; con excepción de un buque todos los valores se encontraron dentro del rango permitido por la Regulación D-2 OMI. En el 67 % de las embarcaciones se registró *Vibrio cholerae* y por ende no cumplen con la normatividad exigida por la Organización Marítima Internacional (OMI).

3.3.5 Efecto de diversos métodos de preprocesamiento matemático al completar datos faltantes en los monitoreos del complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta, mediante el enfoque de atípicos aditivos

M. Carvajalino-Fernández, W. Troncoso-Olivo. Universidad del Magdalena e INVEMAR)

Monitorear el comportamiento de las variables fisicoquímicas en el complejo

lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) ha sido labor constante de varias instituciones, debido a la gran importancia natural que reviste dicho ecosistema para el desarrollo y protección de los recursos naturales tanto a nivel local, regional, nacional e internacional. Por ello se propone una solución a las observaciones faltantes en las series de tiempo de monitoreos de su calidad de agua, con el fin de obtener la mayor cantidad de información verídica de las bases de datos sometidas a la pérdida de observaciones, debido a imprevistos de tipo logístico, técnico o de campo en las redes de monitoreo ambiental

Se aplicaron diversas técnicas de preprocesamiento a los datos existentes y a la interpolación final, utilizando la metodología de atípicos aditivos a través del software TSW (Gómez y Maravall, 2009), y se demostró que el uso de una determinada metodología de preprocesamiento en una serie destinada a interpolación por métodos aditivos depende exclusivamente de la estructura y organización de los vacíos en la misma; en casos de vacíos adecuadamente separados y series cortas es mejor la utilización de una interpolación histórica, mientras que en situaciones de gran cantidad de vacíos y conglomerados de observaciones faltantes se debe optar por probar la técnica de escalamiento. En el caso de distribución de vacíos de manera constante en la serie (*e.g.* acceso restringido a una zona de muestreo en una determinada época del año) se prefiere utilizar la división o división con interpolación histórica. Para las series de variables fisicoquímicas del complejo lagunar CGSM se debe optar por utilizar interpolación histórica en las doce (12) series evaluadas en el presente trabajo y por escalamiento las demás series existentes antes de interpolarlas con la metodología de atípicos aditivos.

3.4. Conclusiones

- La evaluación del estado del agua marina usando los indicadores $ICAM_{PFF}$ e $ICAM_{RAP}$ muestra las estaciones que durante el monitoreo de 2009 y la época seca de 2010 estuvieron en condiciones inadecuadas del recurso hídrico marino. Por tanto, es necesario que las autoridades ambientales pongan especial atención y tomen las medidas de control adecuadas en estos sitios que mostraron una calidad entre deficiente e inadecuada, relacionada con diversas fuentes antropogénicas de contaminación.
- El modelo hidrodinámico MOHID demostró ser una buena herramienta para el diagnóstico y pronóstico ante un eventual derrame de hidrocarburos, permitiendo localizar y modelar cualquier incidente de derrame, previa adquisición de los datos básicos del derrame: localización geográfica, fecha, hora, tipo de crudo y variables ambientales de la época del incidente.

- La detección de florecimientos de algas expuso que existe una relación lineal entre la clorofila-*a* y los datos de fluorescencia del sensor MODIS; algunas regiones costeras no presentaron esta relación debido a que la clorofila y la materia orgánica tienen la misma reflectancia, lo cual no permitió su diferenciación en el algoritmo, sobreestimándose los valores en la costa por presentar alta cantidad de materia orgánica.
- La Bahía de Buenaventura presentó una amplia calidad ecológica desde áreas fuertemente perturbadas a no perturbadas de acuerdo con el índice ecológico AMBI, demostrando que las condiciones ambientales han variado en los años de muestreo para la mayoría de las estaciones. Dos de ellas no modificaron su estado, mientras que otra mejoró su condición ecológica al no estar perturbada; se presentaron taxas muy sensibles a enriquecimiento orgánico como *Aricidea* sp y *Lumbrineri* spp.
- El estudio de aguas de lastre realizado en buques del Golfo de Morrosquillo dejó en evidencia que éstos son fuentes adicionales de contaminación, debido a que sobrepasaron los indicadores de gestión biológicos y microbiológicos referidos en la regla D2 del Convenio para la Gestión del Agua y los Sedimentos de Lastre de 2004 y en algunos casos los límites de nitratos, amonio y ortofosfatos, referidos por normas ambientales para la preservación de la flora y la fauna.

3.5 Literatura citada

- Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P. (A.A.S. S.A. E.S.P.). 2008. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Municipio de Arboletes, Antioquía. Arboletes. 96 p.
- Acueductos y Alcantarillados Sostenibles S.A. E.S.P. (A.A.S. S.A. E.S.P.). 2009. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. Municipio de San Juan de Urabá, Antioquia. San Juan de Urabá. 95p.
- AhnY.H. y Shanmugam, P. 2006. Detecting the red tide algal blooms from satellite ocean color observation in optically complex Northeast-Asia coastal Waters. *RemoteSensing of Environment* 103: 419-437.
- Alcaldía Municipal de Medio San Juan. 2009. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Medio San Juan (Andagoya) – Departamento del Chocó. 177 p. http://mediosanjuan-choco.gov.co//PGIRS_Medio_San_Juan.pdf. 29/11/2010.
- Alcaldía Municipal de Necoclí. 2008. Plan de Desarrollo Municipal 2008 – 2011 “bienestar social para tod@s”. 381p. <http://www.necocli-antioquia.gov.co>. 31/08/2010.

- 31/08/2010.
- Beamonte, E., A. Casino, E. Veres y J. Bermúdez. 2004. Un indicador global para la calidad del agua. Aplicación a las aguas superficiales de la Comunidad Valenciana. *Estadística Española*. 46 (156): 357 – 384.
- Bianucci, S.P., A.R. Ruperto, C.A. Depettris y M.T. Clemente. 2005. Aplicación de indicadores de impacto ambiental al estudio de calidad de aguas continentales: caso de la laguna Los Lirios, Resistencia, Argentina. *Comunicaciones científicas y tecnológicas*. Resumen T-0.38. UNNE: www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-038.pdf
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia. 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin* 40: 1100-1114.
- Burton, J. 2003. *Integrated Water Resources Management on a Basin Level: A training manual*. UNESCO. 240 p.
- Chiappone, M (Ed). 2001. *Water Quality Conservation in Marine Protected Areas. A Case Study of Parque Nacional del Este, Dominican Republic*. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia. 90 p.
- Cormagdalena- Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena. 2009. Boletín de prensa N° 32. <http://www.cormagdalena.com.co>. 30/10/2009.
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2009. Censo General 2005- Información básica – DANE- Colombia. www.dane.gov.co. 26/10/09.
- Fernández, N., G. Ramos y F. Solano. 2005. ICATEST V1.0. Una Herramienta para la valoración de la calidad del agua. *Bistua*. Universidad de Pamplona, 2 (2): 88-97.
- GESAMP. IMO/FAO/UNESCO–IOC/WMO/WHO/AIEA/UN/UNEP, 1975. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects on Marine Environmental Protection). *Marine Pollution*. Informe de la 17a Reunión, OMI Londres, 23-24 abril 1974, GESAMP, Reports and Studies, (s.n.).
- Giraldo, A., Rodríguez-Rubio, E. y Zapata, F. 2008. Condiciones oceanográficas en la Isla Gorgona Pacifico Oriental Tropical de Colombia. *Lat.Am.J.Aqua.Res.* 36(1): 121 - 128.
- Gómez, V., Maravall, A., 2009. TSW (R.136). [Software de computo]. Banco de España.
- Hu, C., Muller-Karger, F.E., Taylor, C., Carder, K.L., Kelble, C., Johns, E. y Heil, C. 2005. Red tide detection and tracing using MODIS fluorescence data: a regional examples in SW Florida coastal waters. *RemoteSensing of Environment* 97: 311-321.
- IDEAM. 2010a. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de “El Niño”. Boletín No. 13. 20/04/2010.
- IDEAM. 2010b. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de “El Niño” y “La Niña”.

- Boletín No. 15. 04/06/2010.
- IDEAM. 2010c. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de “El Niño” y “La Niña”. Boletín No. 17. 28/07/2010.
- IDEAM. 2010d. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de “La Niña”. Boletín No. 22. 8/11/2010.
- IDEAM. 2010e. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de “La Niña”. Boletín No. 23. 8/11/2010.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2002. Atlas de Colombia. 5 Ed. Imprenta Nacional, Bogotá. 320 p.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2010a. Mapa oficial de la República de Colombia. www.igac.gov.co:10040/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/Mapas%20de%20Colombia/Aplicaciones/LimitesEntidadesTerritoriales. 13/12/2010
- IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2010b. Cobertura de la Tierra de Colombia CORINE LandCover, Escala 1:100.000, Bogotá.
- INVEMAR. 2010. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam>. 22/11/2010.
- Lavender, S.J. y Groom, S.B. 2001. The detection and mapping of algal blooms from space. *Int. J. Remote Sensing* 22 (2&3) 197-201.
- Letelier, R.M. y Abbott, M.R. 1996. An analysis of chlorophyll fluorescence algorithms for the moderate resolution imaging spectrometer (MODIS). *Remote Sensing of Environment* 58: 215-223.
- Machado, F y S. Mourato. Evaluating the multiple benefits of marine water quality improvements: how important are health risk reductions?. *Journal of Environmental Management*, 65: 239-250.
- Mallin, M. K. Williams, C. Esham y P. Lowe. 2000. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological applications*. 10 (4): 1047– 1056
- Marín B., L. Martín, J.L. Garay, W. Troncoso, J. Betancourt, M. Gómez, J. Acosta, J. Vivas y A. Vélez. 2003. Sistema de Indicadores de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - SISCAM. Programa Calidad Ambiental Marina. Informe Técnico Final. INVEMAR. 184 p.
- MAVDT - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá. 124 p.
- Ofiara, D y J. Seneca. 2006. Biological effects and subsequent economic effects and losses from marine pollution and degradations in marine environments: Implications from

- the literature. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 844–864.
- Pérez, A y A. Rodríguez. 2008. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56 (4): 1905-1918
- Reid W. 2006. Nature: the many benefits of ecosystem services. *Nature* 443: 749-750.
- Restrepo J.D., P. Zapata, J.M. Díaz, J. Garzón-Ferreira, C. García y J.C. Restrepo. 2005. Aportes fluviales al mar Caribe y evaluación preliminar del impacto sobre los ecosistemas costeros. 189-215. En: Restrepo J.D. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Universidad EAFIT. Medellín. 189–215.
- Rueda-Bayona, J.G., Rodríguez-Rubio, E. y Ortiz-Galvis, J.R. 2007. Caracterización espacio temporal del campo de vientos superficiales del Pacífico colombiano y el Golfo de Panamá a partir de sensores remotos y datos in-situ. *Boletín Científico CCCP* 14:49-68.
- Ryan, J.P., Fisher, A.M., Kudela, R.M., Gower, J., King, S.A., Marin I, R. y Chavez, F. 2009. Influences of upwelling and downwelling winds on red tide bloom dynamics in Monterey Bay, California. *Continental Shelf Research* 29: 785 – 795.
- Secretaria del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2006. *Perspectiva Mundial sobre Diversidad Biológica 2*. UNEP. Montreal, 81 + vii páginas.
- Selvaraj, J.J., Guzmán A. I. y Martínez A. 2010. Thermal fronts and their influence on the distribution of Dolphinfish (*Coryphaenahippurus*) in the Pacific coast of Colombia. *JRC Scientific and Technical Report*: 199-200.
- SSPD. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2009. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Diagnóstico 2009. Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI. www.superservicios.gov.co. 04/08/2010.
- Stewart, J., R. Gast, R. Fujioka, H. Solo-Gabriele, J. Meschke, L. Amaral-Zettler y E. del Castillo, et al. 2008. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs. *Environmental Health*, 7 (2): S3
- Superintendencia de Puertos y Transporte - SPT. 2008. Anuario Estadístico de Puertos 2008. www.supertransporte.gov.co. 29/10/2010.
- Villegas, N. 2003. Evolución mensual de las Corrientes verticales y zonas de surgencia en la cénca del pacífico colombiano- CPC. *Boletín científico CCCP* 9: 34-44
- Vivas-Aguas, L.J. 2007. Calibración, validación e implementación de la batería de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. Informe Técnico de consultoría No. 0550-06. Convenio No. 001/04 OEI- MAVDT-IDEAM INVEMAR. 41 p.
- Zapata L. A., E. J. Peña y E. A. Rubio. 2007. La pesquería de pequeños pelágicos en el Pacífico de Colombia. 391- 421. En: Agüero M. (ed). *Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Documento Técnico de Pesca 461, Roma, 423 p.



ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

CAPÍTULO III



*Canal de arena en arrecife coralino,
Isla Mangle - Archipiélago de San Bernardo
(Fotografía: Kelly Gómez)*

Introducción

Este informe anualmente presenta un balance de los avances en el conocimiento de los arrecifes coralinos, manglares, pastos marinos, litorales rocosos, fondos blandos y diversidad de especies en Colombia, a través de una recopilación cuidadosa de aportes que profesionales, estudiantes e instituciones que trabajan en estos temas remiten al Instituto. Debido a que la información en muchos casos se encuentra dispersa e inaccesible para el público interesado, e incluso puede ser abundante o muy poca y muy específica, los resultados obtenidos como se venían entregando en pasadas ediciones de esta publicación no ofrecían a los tomadores de decisiones una idea clara sobre el conocimiento de dichos ecosistemas, o sobre las debilidades u oportunidades inmersas en el estudio de la diversidad ecosistémica y biológica, situación que podría confundir al lector que observando algunos trabajos reflejados aquí podría suponer que ya se conoce todo.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que el área marino-costera colombiana es casi el equivalente de su contraparte terrestre (de allí el lema institucional del INVEMAR: “Colombia 50 % Mar”), se planteó la necesidad de contextualizar al lector a través de un compendio de referencias de los estudios relacionados en todos los números del 'Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros' desde el año 2000 hasta la actualidad, en cada una de las ecorregiones naturales del país (y los respectivos departamentos a los que pertenecen). Concientes de que en ese listado no se encontraban incluidos en su totalidad los estudios realizados, en este número se presenta un formato que complementa progresivamente un sumario de toda la información específica para hacer un seguimiento nacional e identificar vacíos de información, de forma tal que los tomadores de decisiones contarán con una herramienta útil al momento de decidir en qué, sobre qué y cómo podrían distribuir los recursos financieros destinados a temas de la biodiversidad, en los ámbitos regional o nacional.

En este orden de ideas, este número relaciona un par de listados que incluyen información de las referencias de los trabajos que no fueron mencionados en los anteriores números y otro con los trabajos generados en el año de vigencia del Informe. Como novedad los avances serán descritos a partir de tablas que discriminarán la información por temáticas y áreas geográficas marino-costeras, con el fin de que los datos indiquen puntualmente las tendencias desde el 2000 y las instituciones involucradas.

La información acerca de las tendencias temáticas se encuentra agrupada en doce categorías principales, las cuales a continuación del nombre especifican el criterio o temas que debe abordar el estudio para ser incluido en la misma. Se espera con este esquema contribuir con información más explícita que sirva de referente a los tomadores de decisiones, las instituciones de investigación, la academia y al público interesado.

4. Estado del conocimiento de los arrecifes coralinos

Johanna Vega-Sequeda, Raúl Navas-Camacho, Kelly Gómez-Campo, Tomás López-Londoño (INVEMAR)
y Diego Luis Duque (PNNCRSB)

4.1 Importancia, distribución y extensión de los arrecifes de coral

Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más importantes, diversos y apreciados del planeta. Se desarrollan en aguas claras de los mares tropicales, donde modifican notablemente el relieve submarino y generan una alta diversidad de hábitats para el asentamiento y proliferación de la vida marina (Birkeland, 1997). Los arrecifes coralinos protegen las costas y a ecosistemas adyacentes de la erosión (pastos marinos y manglares); asimismo, le ofrece subsistencia a muchas poblaciones costeras que extraen recursos pesqueros de gran valor como cangrejos, langostas, pulpos, caracoles y peces (Hoegh-Guldberg, 1999; Buddemeier *et al.*, 2004). Sin embargo, el mayor uso y potencial económico radica en el desarrollo del turismo, por ser destinos por excelencia para miles de personas en todo el mundo (Achituv y Dubinsky, 1990; Burke *et al.*, 2011). Por su belleza, importancia económica y valor ecológico, los arrecifes coralinos constituyen el ecosistema marino emblemático de la humanidad, por lo que su investigación, protección, conservación y monitoreo debe ser asegurado para así evitar, simplemente, observar su deterioro.

Pese a su valor, muchos arrecifes coralinos han sufrido una extensa degradación en las últimas décadas y cerca del 75 % están bajo amenaza, como resultado de las perturbaciones de tipo antropogénicas y naturales (Burke *et al.*, 2011). Factores como la sobrepesca, la pesca destructiva, las enfermedades coralinas, los eventos climáticos, las altas tasas de sedimentación, el desarrollo y contaminación de las zonas costeras, son importantes causas de deterioro. Actualmente, el cambio climático global constituye una amenaza aún mayor para el futuro a largo plazo de los arrecifes de coral en todo el mundo (Birkeland, 1997; Díaz *et al.*, 2000; Wilkinson y Souter, 2008; Burke *et al.*, 2011). Lo anterior tiene consecuentes implicaciones para la vida marina y para millones de seres humanos que utilizan y dependen de sus recursos.

Colombia es el único país suramericano que cuenta con arrecifes coralinos en los océanos Pacífico y Atlántico. Estas áreas abarcan una extensión total de 2900 km², de las cuales 1091 km² comprenden fondos con alta cobertura arrecifal (Díaz *et al.*, 2000); lo que representa menos del 0.4 % de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001). La costa del Pacífico comprende una pequeña fracción (15 km²) distribuida entre la Isla Gorgona, la Ensenada de Utría, punta Tebada e Isla Malpelo (Díaz *et al.*, 2000). Las áreas arrecifales del Caribe cubren una mayor extensión, dentro de la cual el 77 % se concentra

en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados. Otros arrecifes de importancia, pero en menor proporción, se encuentran a nivel continental en los archipiélagos de San Bernardo y Nuestra Señora del Rosario, el Urabá chocoano y el Parque Nacional Natural Tayrona (Díaz *et al.*, 2000). Aunque estos arrecifes presentan diferentes estados de conservación, de acuerdo al análisis realizado por el proyecto *Reefs at Risk Revisited* (Burke *et al.*, 2011), en el cual se revisó el estado actual y principales amenazas de origen antrópico de los arrecifes del mundo, se identificaron los arrecifes continentales del Caribe colombiano con un grado de amenaza de medio a alto, mientras que los arrecifes del Pacífico que se encuentran en zonas remotas (islas de Gorgona y Malpelo) evidencian un bajo nivel de amenaza.

4.2 Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac)

Ante los alarmantes síntomas de deterioro observados en los arrecifes del mundo y la carencia de datos apropiados para caracterizar y analizar la evolución del fenómeno en Colombia, en 1998 se inició el Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (Simac), con el propósito de generar información acerca de la dinámica y la salud de los arrecifes coralinos en el país (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a). Inicialmente, el Simac contó con estaciones de monitoreo en tres áreas geográficas del Caribe (isla de San Andrés, Parque Nacional Natural Tayrona e islas del Rosario) y una en el Pacífico (Isla Gorgona) (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a). Tras doce años de continua actividad, el programa de monitoreo ha expandido su cobertura y actualmente cubre los principales ambientes arrecifales de los mares colombianos, con siete áreas geográficas en el Mar Caribe y tres en el Pacífico (Navas-Camacho *et al.*, 2009; Vega-Sequeda *et al.*, en prensa) (Figura 4.1).

El Simac ha operado bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR), contando con el apoyo del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP-UCR/CAR), la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina), la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), el Centro de Investigación, Educación y Recreación (Oceanario-Ceiner), la Universidad del Valle, la Universidad de Antioquia, la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la Fundación Malpelo.

Las actividades en los últimos tres años de monitoreo se han realizado con el apoyo del Banco de Programas y Proyectos de Inversión (BPIN-PNIBM), así como del Proyecto Piloto Nacional Integrado de Adaptación al Cambio Climático (INAP), financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente del Banco Mundial (GEF-WB).

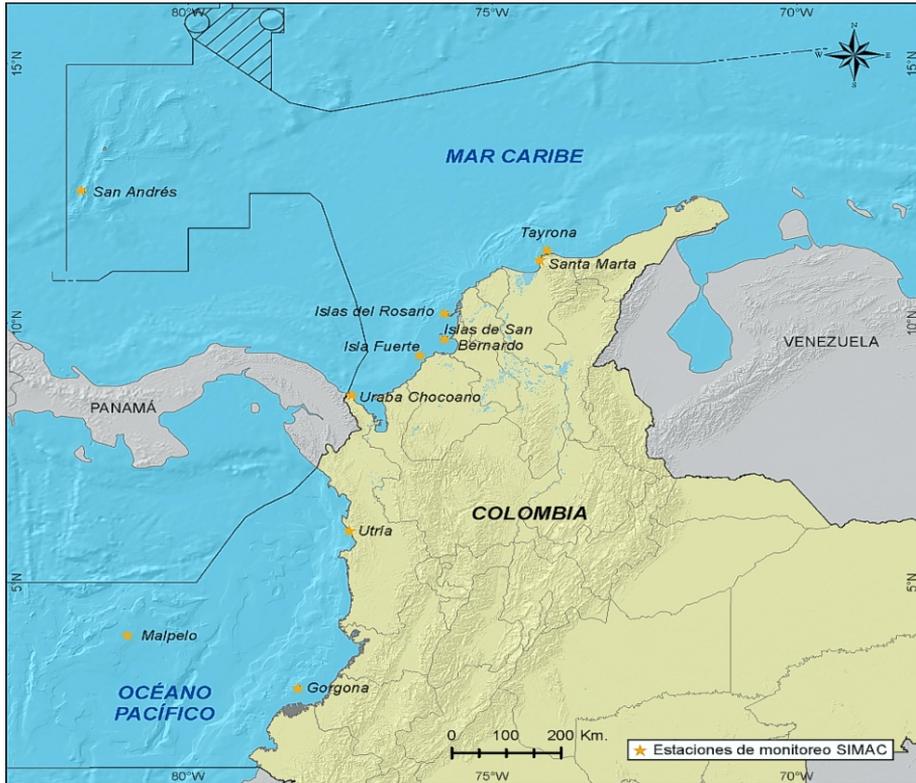


Figura 4.1. Estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos del Simac en áreas coralinas del Caribe y Pacífico colombianos.

4.2.1 Estado de los arrecifes de coral en las áreas de monitoreo Simac

El presente diagnóstico recopila los datos históricos registrados por el Simac en las estaciones evaluadas en el 2010 en las islas del Rosario y de San Bernardo, para el área Tayrona se presentan los resultados de la bahía de Chengue. Se incluye información de la estación La Coca, instalada en 2009, en los datos generales para las islas de Rosario. Adicionalmente, se presentan los resultados de Isla Fuerte, incluida como área de monitoreo desde 2008 (Navas *et al.*, 2009; Vega-Sequeda *et al.*, en prensa.), la cual aún cuenta con muy poca información para generar análisis robustos sobre su dinámica arrecifal. Con el fin de dar un diagnóstico general, sólo se muestran en el presente informe el promedio de los valores obtenidos a partir de las evaluaciones de las variables biológicas en el nivel medio de profundidad (9 a 12 m).

Las variables evaluadas, así como los procedimientos metodológicos y la ubicación precisa de los transectos y estaciones de monitoreo se encuentran descritos detalladamente en el Manual de Métodos del Simac (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002a). Asimismo, la información complementaria de datos históricos del Simac se describe en informes de años anteriores (Garzón-Ferreira *et al.*, 2002b, 2003 y 2004; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2005 y 2006; Navas-Camacho *et al.*, 2007, 2009 y 2010a; Navas-Camacho y Rodríguez-Ramírez, 2008). Todos los datos obtenidos se encuentran almacenados en una base de datos sistematizada (base Sismac) dentro del Sistema Nacional de Información Ambiental Marina de Colombia (Siam), la cual puede ser consultada a través de Internet (<http://www.invermar.org.co/siam/sismac/>).

Es preciso señalar que el monitoreo de arrecifes coralinos se realiza en zonas o “estaciones” representativas del ambiente local, en las que a partir del análisis de algunas variables se buscan posibles cambios estructurales y funcionales en el tiempo. Sin embargo, la extensión evaluada dista de ser significativa con respecto a la extensión total de cada área coralina. Adicionalmente, han existido diversos limitantes logísticos (presupuesto, personal, situación de orden público en algunas áreas, entre otras) que no han permitido abarcar todas los ambientes coralinos en Colombia o realizar el protocolo de monitoreo completo con la debida periodicidad anual (Tabla 4.I), obteniendo series de datos con diferente número de estimaciones y afectando la precisión de análisis históricos comparativos. Por esta razón, la información suministrada a continuación debe interpretarse con precaución al momento de hacer extrapolaciones o generalizaciones sobre lo que sucede en todas y cada una de las áreas coralinas de Colombia. Para generar un diagnóstico apropiado, es importante mantener la periodicidad en los programas de monitoreo existentes y de forma progresiva ir ampliando su cobertura geográfica.

Tabla 4.I. Registro histórico de las áreas coralinas visitadas en los monitoreos de arrecifes coralinos desarrollados por Simac.

ÁREA DE MONITOREO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Santa Marta	X	X				X	X	X					
Tayrona	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Islas del Rosario	X	X		X	X	X	X		X		X	X	X
CARIBE						X	X	X	X		X	X	X
Islas de San Bernardo					X	X	X		X		X	X	X
Urabá Chocoano					X	X	X		X				
San Andrés	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Isla Fuerte											X	X	X

ÁREA DE MONITOREO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Utría					X								
PACÍFICO													
Gorgona	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Malpelo						X			X	X	X	X	X

4.2.2 Cobertura de los principales componentes del sustrato arrecifal

La cobertura de corales duros y de algas bentónicas sobre la superficie del arrecife es un buen indicador para evaluar el estado de salud de los arrecifes coralinos (Birkeland, 1997; Garzón-Ferreira *et al.*, 2004). Ante los múltiples tensores existentes en la actualidad y tras los procesos de degradación observados en las últimas décadas en el ecosistema, la cobertura de corales ha disminuido en muchos arrecifes del mundo mientras que la de algas bentónicas ha aumentado, llegando incluso a dominar la superficie en algunos de ellos. Es así como los cambios en dichos componentes pueden indicar estabilidad o procesos de 'cambios de fase' (*phase-shifts*) en los que arrecifes dominados por corales se transforman progresivamente en arrecifes dominados por algas (Hughes, 1994; Díaz-Pulido y Garzón-Ferreira, 2002).

Partiendo de estas bases, sólo se reportan en este informe los datos de cobertura de las categorías 'corales duros' y 'algas bentónicas' entre los diferentes componentes del sustrato. Con el fin de identificar y comparar la variabilidad de los datos históricos entre las área de monitoreo, se tuvo en cuenta el coeficiente de variación (CV) siguiendo las recomendaciones de Guisande-González (2006).

A continuación se describen algunos comportamientos de relevancia ecológica que se hicieron evidentes a partir de las salidas gráficas y de la variabilidad de los datos (Figura 4.2).

De las cuatro áreas evaluadas, Tayrona presentó la mayor reducción en la cobertura de coral vivo (de $\approx 34\%$ a $\approx 30\%$), así como el mayor incremento en la cobertura de algas (de $\approx 47\%$ a $\approx 50\%$), respecto al año anterior (Figura 4.2). Esta condición puede estar relacionada con el deterioro arrecifal tras la ocurrencia del evento de blanqueamiento coralino masivo del año 2010, el cual fue especialmente severo en esta área geográfica. La baja variabilidad de la cobertura coralina ($CV=5.64$) podría indicar que la disminución de este componente del sustrato no es drástica si se tiene en cuenta su variabilidad histórica; no obstante, es necesario realizar un análisis más detallado de la variación de los componentes del sustrato posterior al blanqueamiento coralino, teniendo en cuenta que al momento de realizar el monitoreo en el 2010 todavía se registraban signos claros de la persistencia del evento.

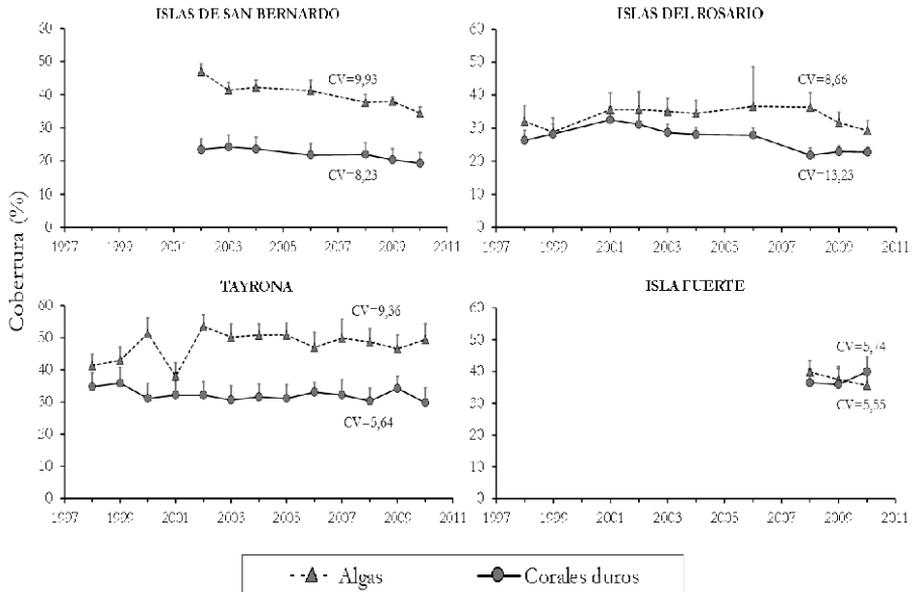


Figura 4.2. Variación interanual de la cobertura de corales duros y de algas en las áreas de monitoreo Simac evaluadas en el año 2010. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo. CV corresponde al coeficiente de variación de los valores históricos de cada componente por área.

Contrario a lo registrado en Tayrona, en Isla Fuerte se presentó el mayor incremento en la cobertura de tejido coralino (de $\approx 36\%$ a $\approx 40\%$), con una disminución en la cobertura algal (de $\approx 38\%$ a $\approx 36\%$). Los CV para ambos componentes fueron bajos en ésta área (corales=5.74 y algas=5.55), lo que indica cierta estabilidad durante los años de monitoreo, pese a la diferencia de valores respecto al año anterior (Figura 4.2). Aunque estos indicadores parecen ser favorables para los arrecifes en Isla Fuerte, se resalta el hecho que ésta área fue evaluada por primera vez en 2008, diez años después de los primeros monitoreos realizados en las islas del Rosario y Tayrona, siendo el área geográfica cuyo set de datos es menor (sólo tres años).

En las islas del Rosario y San Bernardo se observaron valores de cobertura coralina muy similares a los registrados en el año anterior (cerca del 20%); en San Bernardo, no obstante, se presentó una discreta disminución (cerca del 1%) que aparentemente se mantiene desde 2008. Por el contrario, en islas del Rosario, donde

hasta 2008 se observó una tendencia a la disminución en la cobertura coralina, parece estar alcanzando cierta estabilidad ante su escasa variabilidad en los últimos años de monitoreo (Figura 4.2). La cobertura de algas exhibió un comportamiento similar para ambas áreas, con una disminución levemente más marcada en islas de San Bernardo (aproximadamente el 4 %).

La fluctuación interanual de los principales componentes del sustrato, indicadores del estado de salud de los arrecifes en áreas coralinas monitoreadas por el Simac, refleja la dinámica del sistema en respuesta a la presión de condiciones ambientales. Aunque el protocolo de monitoreo no permite identificar causas puntuales de variación, si es posible inferir que la presión de factores naturales (e.g. eventos de blanqueamiento, enfermedades) y antrópicos (e.g. desarrollo costero, explotación de recursos) es más acentuada en algunas áreas y han contribuido a la mayor degradación de las formaciones coralinas incluidas en ellas. Evidencia de esto es la magnitud del efecto nocivo que tuvo el evento de blanqueamiento coralino del año 2010 en la cobertura de coral vivo en los arrecifes de Tayrona.

4.2.3 Ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales

Las enfermedades y los eventos de blanqueamiento en corales pétreos han sido más comunes en los arrecifes durante las últimas décadas y vinculados directamente con mortandades masivas y reducciones drásticas en la cobertura coralina en muchos lugares del mundo (Sutherland *et al.*, 2004, Gil-Agudelo *et al.*, 2006, 2009; Wilkinson y Souter, 2008; Eakin *et al.*, 2010; Navas-Camacho *et al.*, 2010b, 2010c; Burke *et al.*, 2011). Tales afecciones, ampliamente documentadas y estudiadas, están relacionadas principalmente con la calidad de las condiciones ambientales que generan alteraciones de las funciones vitales. Ejemplos claros de ello son las grandes mortandades de corales producto de eventos masivos de blanqueamiento, ocurridos repetidamente en arrecifes del Caribe y Pacífico colombianos (Prahl, 1985; Zea y Duque, 1990; Solano *et al.*, 1993; Vargas-Ángel *et al.*, 2001; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2006) y la casi extinción en el Caribe de los corales del género *Acropora*, durante los años 80 a consecuencia de la enfermedad de la Banda Blanca (Gladfelter, 1982; Aronson y Precht, 2001).

Históricamente la ocurrencia de enfermedades ha sido generalmente baja en todos los años y áreas de monitoreo, sin un patrón especial o temporal claro (Figura 4.3). Las islas del Rosario es el área geográfica que ha evidenciado la mayor variabilidad en el tiempo (21.4 a 0.13 %), ocasionado por el notable incremento registrado en el 2009, dominado por la enfermedad de la Plaga Blanca. Por el contrario, la ocurrencia de enfermedades en Tayrona y las islas de San Bernardo continúa siendo baja (<3 %); sin embargo, se ha evidenciado un incremento lento y progresivo en esta

última área desde el 2008 (Figura 4.3). Para el área de isla Fuerte, la ocurrencia de enfermedades es baja y al igual que en las islas del Rosario registró un incremento en el año 2009, pero esta vez dominada por la enfermedad de Lunares Oscuros.

En lo referente al blanqueamiento, en el año 2010, debido a un aumento sin precedentes en la pluviosidad del país (Ideam, 2011) y a un cambio radical en las condiciones fisicoquímicas del agua (temperatura, salinidad y turbidez), el porcentaje del blanqueamiento coralino registró los valores más altos en relación a los años anteriormente evaluados por el Simac (Figura 4.3). Pese a observar un incremento en la ocurrencia de blanqueamiento en todas las áreas de monitoreo, los mayores promedios generales se registraron en la bahía de Chengue (18.1% ± 2.6). Estos valores superan los promedios históricos reportados por el programa de monitoreo en el Caribe colombiano, incluso a los registrados durante el evento masivo de 2005.

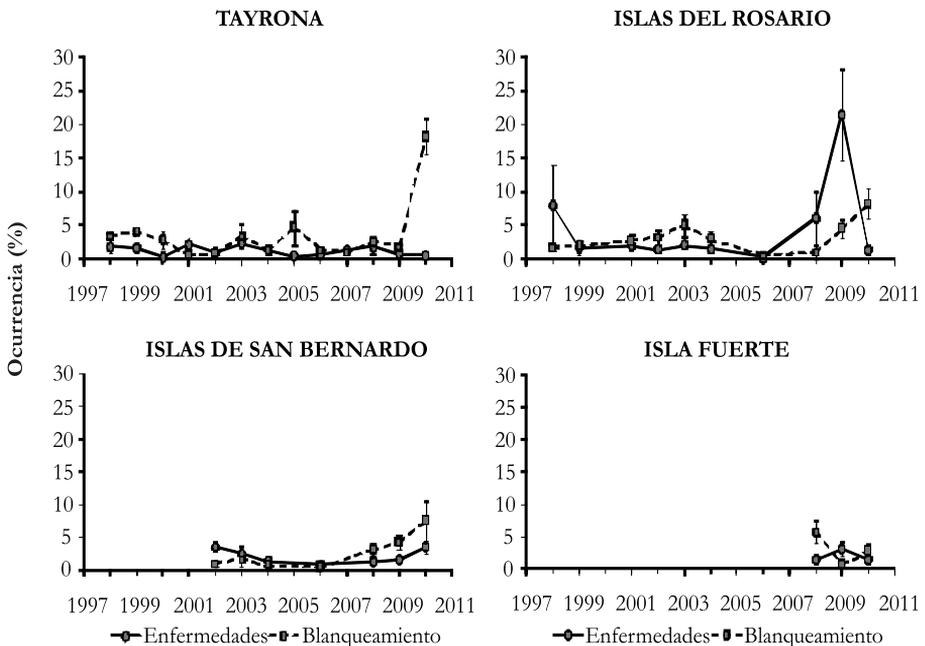


Figura 4.3. Variación interanual de la ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en los corales duros evaluados en las áreas de monitoreo Simac en el Caribe colombiano en 2010. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

En respuesta a la magnitud de este fenómeno, en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) se implementaron estaciones y metodologías complementarias sugeridas por el *Atlantic and Gulf Rapid Reef Assesment* (AGRRA, por su sigla en inglés) para tener un dato más ajustado del impacto y el grado de afección sobre los arrecifes. Este monitoreo actualmente se encuentra en curso, así como el análisis de la información. Los altos valores de pluviosidad (máx. 257 mm) y de la temperatura del mar a 12 m de profundidad (máx 32°C) registrados en las estaciones Simac-CARICOMP en Santa Marta–Chengue para 2010 son en parte corroborados por la información emitida por el programa de alerta de blanqueamiento *Coral Reef Watch de la National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, por su sigla en inglés), el cual desde comienzos de este año. Publicó en su sitio web una serie de comunicados y alarmas del evento.

4.2.4 Densidad de invertebrados vágiles

Los arrecifes coralinos albergan una diversa cantidad de grupos de invertebrados de alto valor ecológico como los erizos, importantes herbívoros que contribuyen a la salud del arrecife, y comercial como langostas, cangrejos, caracoles y pulpos, que constituyen una importante fuente de alimento y beneficio económico para la humanidad (Burke *et al.*, 2011). Factores como la sobreexplotación de recursos, la mortalidad masiva y extensiva de algunas especies clave como la del erizo herbívoro *Diadema antillarum*, en la década de los 80, han ocasionado la desaparición de muchos invertebrados arrecifales, generando cambios funcionales y estructurales importantes dentro del ecosistema coralino (Lessios *et al.*, 1984; Brown, 1997; Díaz *et al.*, 2000). Por estas razones, la evaluación de este grupo de organismos es incluida dentro del protocolo de monitoreo Simac. En este Informe sólo se presentan la información histórica de la abundancia de los erizos, considerando que la abundancia de otros invertebrados importantes fue casi nula en todas las áreas y años (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2005; Navas-Camacho *et al.*, 2009a, 2010a).

Siete especies de erizos han estado presentes en las áreas monitoreadas del Caribe: *Echinometra viridis*, *E. lucunter*, *Eucidaris tribuloides*, *Lytechinus variegatus*, *L. williamsi*, *Diadema antillarum* y *Tripneustes ventricosus*; otras seis en el Pacífico: *Diadema mexicanum*, *Hesperocidaris asteriscos*, *Centrostephanus coronatus*, *Echinometra vanbrunti*, *Toxopneustes roseus* y *Astropyga pulvinata*. Similar a lo reportado el año anterior, la abundancia promedio de erizos para las estaciones de monitoreo Simac en el Caribe continua siendo muy variable. En las islas del Rosario la abundancia de erizos ha fluctuado notablemente desde 1999 (0.1 ± 0.1 erizo/20m²) hasta el 2010 (11.3 ± 3.2 erizo/20m²), sin mostrar un patrón claro. En las islas de San Bernardo los datos registran una menor variación, donde además, se observa un

posible comportamiento cíclico en los últimos años. Para el área de Isla Fuerte se ha registrado un descenso continuo en la abundancia promedio de erizos durante los tres años de monitoreo (4.6 a 0.4 erizos/20 m²). En Tayrona la abundancia de este equinodermo continúa siendo muy baja y sin cambios evidentes a través de los años (<1/20m²), lo que sugiere que podría ser un patrón habitual en esta formación arrecifal (Figura 4.4).

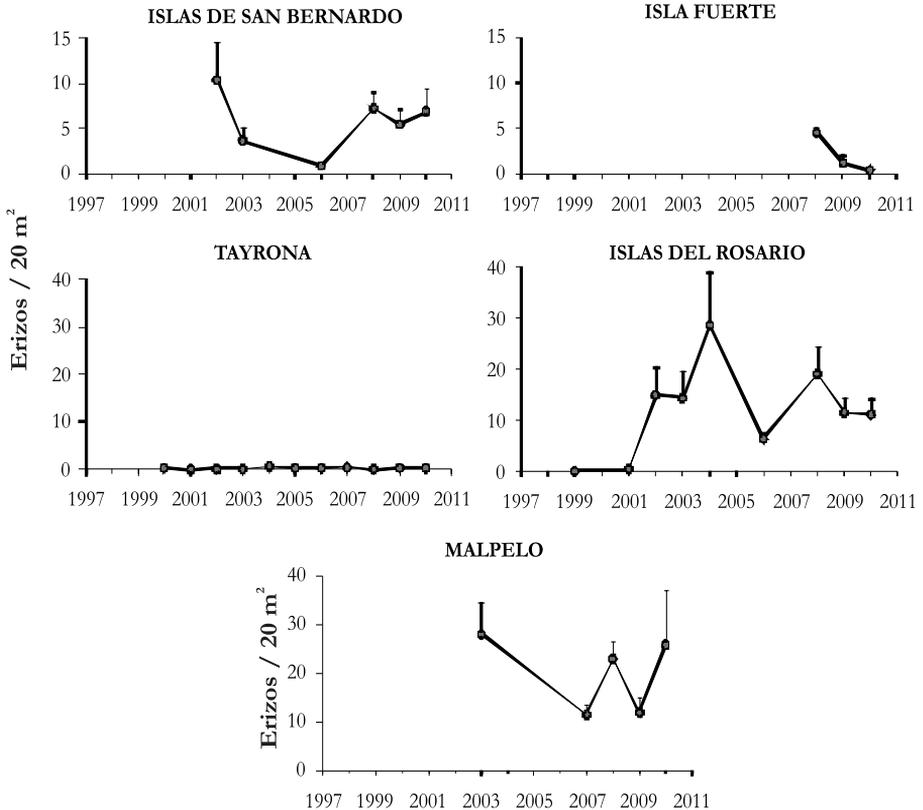


Figura 4.4. Abundancia de erizos (erizos/20 m²) en las áreas de monitoreo del Simac. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

En general los cambios en la abundancia de erizos en las áreas de monitoreo está determinada por las especies del género *Echinometra*, principalmente por *E. viridis* –erizo de arrecife-, excepto en Chengue donde *Eucidaris tribuloides* –erizo lápiz- fue el organismo más abundante, especialmente durante el 2004 y 2007. A pesar de que no se pueden definir con certeza las causas en la variación anual de la densidad de erizos registrada, ésta podría ser influenciada por un conjunto de factores tales como desplazamientos localizados, depredación, reclutamiento, interacciones inter-específicas, cambios medioambientales y climáticos, de los cuales se desconoce su importancia. Aunque no hay información en Colombia sobre la abundancia de la especie de erizo *D. antillarum*, previa a la mortandad masiva en la década de los 80, las bajas densidades (<1 erizo/20 m²) y a su aparición esporádica en las áreas arrecifales presentadas en este Informe, podría ser consistente con los bajos signos de recuperación de la especie herbívora en gran parte del Caribe (*The Nature Conservancy et al.*, 2004, Lessios, 2005). Si bien esta información proviene de los valores obtenidos en las evaluaciones en el nivel medio de profundidad, es importante la realización del monitoreo anual de estas especies en todas las estaciones y niveles de profundidad evaluados por el Simac.

En las áreas de monitoreo del Pacífico colombiano la abundancia de erizos es superior a la registrada en el Caribe. Malpelo, aún cuenta con poca información para inferir sobre el comportamiento de la variabilidad temporal, especialmente por el vacío de datos entre 2004 y 2006, pero hasta el momento parece estar comenzando a evidenciarse un comportamiento cíclico con una mayor variabilidad anual (D.E = 7.9; Figura 4.4). Estas fluctuaciones corresponden a los cambios en el número de individuos de *D. mexicanum* (erizo negro) registrados, el cual es frecuente y abundante en otros arrecifes del Pacífico Oriental Tropical (Alvarado y Chiriboga, 2008; Zamorano y Leyte-Morales, 2009).

Teniendo en cuenta la escasa abundancia de invertebrados de importancia comercial en las estaciones de monitoreo (<1 individuo/20 m²) y el valor económico que varios de estos organismos han representado para la población humana, se podría pensar en un posible agotamiento del recurso como ocurre en otras áreas del Atlántico Occidental (ver Friedlander *et al.* 1994; Stoner y Glazer, 1998; Gerald 2003). Es de aclarar que el protocolo Simac no está diseñado para evaluar poblaciones específicas de invertebrados vágiles, por lo tanto, sería necesario realizar estudios complementarios para conocer el estado de estos organismos.

4.2.5 Peces arrecifales

Los peces constituyen uno de los componentes bióticos más notorios de los arrecifes coralinos, modifican la estructura del sustrato bentónico y se convierten en el

principal conducto del flujo de materia y energía (Wainwright y Bellwood, 2002); además, presentan una gran diversidad y un alto valor ecológico y comercial. En este informe se trabajaron las familias de peces escogidas de acuerdo al grado de importancia económica (pargos, meros y roncós, entre otros) o ecológica (loros, damiselas, mariposas, entre otros.), y en las cuales se han observado mayores-menores abundancias o tendencias a través del tiempo.

A nivel general, la familia más abundante en las áreas monitoreadas fue Pomacentridae (damiselas), con valores que han multiplicado en la mayoría de los casos las abundancias de otras familias. Por esta razón, se analizaron los datos históricos de esta familia aparte para cada área. En el Caribe la familia Pomacentridae (dominada por la especie *Stegastes planifrons*) ha sido particularmente abundante en las islas del Rosario (≈ 54 ind./60 m² en 2010), con valores muy bajos solo en 1998 y 2006 (≈ 20 ind./60 m²). En San Bernardo se observó una leve tendencia a la disminución de la abundancia de damiselas durante los primeros años de monitoreo (2002-2004); sin embargo, en los años siguientes los valores mostraron estabilidad, oscilando entre 12 a 13 ind./60 m². En los tres años de monitoreo de Isla Fuerte, la abundancia de damiselas se registró en un rango de 8 a 10 ind./60 m². Tayrona ha presentado los valores de abundancia históricamente más bajos (≈ 5 ind./60m² en 2010) y no se ha evidenciado una tendencia o cambios en el tiempo (Figura 4.5).

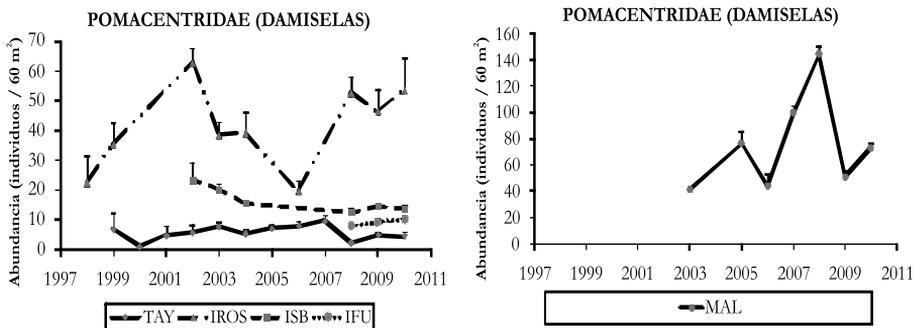


Figura 4.5. Tendencias de la abundancia de la familia Pomacentridae en áreas de monitoreo Simac: Tayrona (TAY; Chengue), Islas del Rosario (IROS), Islas de San Bernardo (ISB), Isla Fuerte (IFU) y Malpelo (MAL). Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

Las damiselas son bien conocidas por sus efectos en organismos bentónicos, modificando e influenciando comunidades de algas y corales, así como la estructura social de otros peces herbívoros (Knowlton *et al.*, 1990). Por otra parte, a causa de las diferentes perturbaciones en los arrecifes coralinos durante las últimas décadas, han ocurrido cambios en la estructura de las comunidades de peces. Reflejo de esto, es la aparente proliferación de esta familia manifestada en la dominancia del pez *Stegastes planifrons* en el Caribe colombiano (Díaz *et al.*, 2000), condición que se ha observado en las estaciones de monitoreo Simac, principalmente en las islas del Rosario. Este pez mordisquea la superficie viva de las colonias coralinas masivas para favorecer el crecimiento de ciertas algas de las cuales se alimenta, posiblemente causando un daño cada vez mayor al arrecife (Díaz *et al.*, 2000).

En el Pacífico colombiano, Malpelo ha presentado una variabilidad interanual muy marcada en la abundancia de damiselas, con valores que han alcanzado los ≈ 145 ind./60 m² (año 2008). En el 2010 se registró un valor de abundancia de ≈ 74 ind./60 m². A diferencia del Caribe, la dominancia de la familia Pomacentridae está determinada por la especie *Stegastes arcifrons*, caracterizada igualmente por hacer territorios de algas en colonias coralinas vivas (Figura 4.5).

En las estaciones de monitoreo Simac-Caribe la abundancia de las familias selectas por su importancia económica como recurso pesquero Serranidae (meros y chernas) y Lutjanidae (pargos) se han caracterizado por presentar valores muy bajos, y en algunas áreas una tendencia a la disminución (Navas-Camacho *et al.*, 2009). Es probable que la escasez de este importante recursos íctico arrecifal sea un indicador de la falta de regulación en las actividades de pesca extractiva. Además, algunos autores han demostrado que dicha condición es característica de zonas con elevada intensidad pesquera (Chiappone *et al.*, 2000). Para las dos familias las abundancias generales no superan los 2 ind./60m².

En las áreas de monitoreo del Caribe, los peces loro han registrado altas abundancia con respecto a otras familias (Figura 4.6), principalmente en San Bernardo, donde la abundancia de este grupo alcanzó los ≈ 22 ind./60 m² durante 2008.

Entre los principales depredadores de los peces loro, se encuentran algunas poblaciones de importancia comercial que han sufrido un declive por sobreexplotación de recursos pesqueros (pargos y carángidos). Consecuentemente, se ha generado una proliferación de la familia Scaridae en muchos arrecifes del Caribe, lo que evidencia la susceptibilidad del ecosistema cuando se altera la estructura de comunidades asociadas (Mumby, 2007). Las tendencias temporales reflejan un

aumento, principalmente en las áreas islas de Rosario y San Bernardo (Figura 4.6). Actualmente, se ha observado una abundancia similar entre las áreas monitoreadas, con un rango que varía entre 9 a 12 ind./60 m² en isla Fuerte y San Bernardo, respectivamente.

En la familia Haemulidae (roncos) se ha observado una variación interanual en la abundancia de individuos en algunas áreas de monitoreo. En San Bernardo, hasta el año 2009 se observó una estabilidad en la abundancia de este grupo, sin embargo, en el año 2010 se registró un aumento que paso de 3 a 7 ind./60 m² (Figura 4.6).

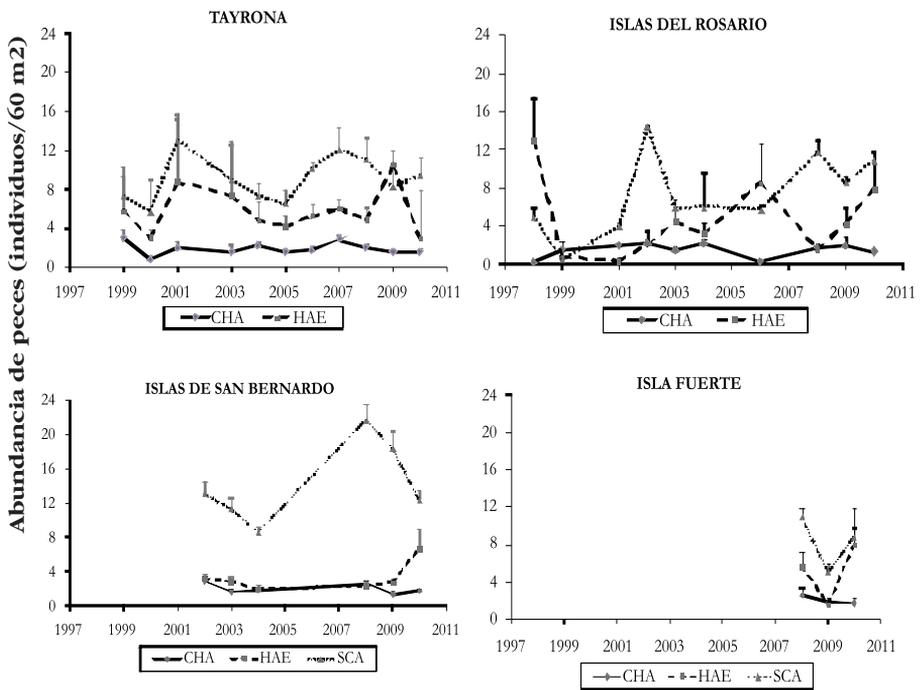


Figura 4.6. Caribe: tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Haemulidae (HAE) y Scaridae (SCA) en las áreas de monitoreo Tayrona (Chengue), Islas del Rosario, Islas de San Bernardo e Isla Fuerte. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

Entre los grupos ecológicamente más reconocidos se encuentran los peces loro de la Familia Scaridae (Figura 4.7); estos juegan un papel muy importante en la ecología y conservación de los arrecifes coralinos en la actualidad. Desde la mortalidad masiva del erizo *Diadema antillarum*, la mayor parte del consumo de algas en el arrecife se centró en los peces loro. Por esta razón, los arrecifes coralinos del Caribe se han vuelto más susceptibles a cambios en su estructura, siendo altamente sensibles a la abundancia de estos peces (Mumby, 2007).



Figura 4.7. Pez loro (*Sparisoma viride*) en la estación de la bahía de Chengue (PNNT).

Los peces mariposa de la familia Chaetodontidae también se encuentran entre los grupos ecológicamente más reconocidos. En la mayoría de estaciones monitoreadas por el Simac que se encuentran en el Caribe los peces mariposa se han destacado por presentar abundancias muy bajas (≈ 2 ind./60 m²). Isla Malpelo ha presentado históricamente mayores abundancias (Figura 4.8), aunque con tendencia a la disminución. Los peces mariposa son habitantes conspicuos de los arrecifes coralinos en el mundo. Muchas de estas especies son coralívoras obligadas y dependen del tejido vivo de los corales para su alimentación; por lo tanto, cambios en su abundancia podrían indicar cambios en las condiciones del arrecife (Hourigan *et al.*, 1988; Crosby y

Reese, 1996). Es posible que la estabilidad en la abundancia de este grupo sugiera que algunos de los arrecifes monitoreados por el Simac no han presentado cambios importantes en las condiciones del arrecife.

En el área de Malpelo, Pacífico colombiano, se tuvieron en cuenta las familias Chaetodontidae, Carangidae y Serranidae (Figura 4.8); los pargos han sido históricamente más abundantes en estas áreas. Con abundancias muy bajas, la familia Serranidae presentó una tendencia a la disminución en los valores de abundancia a través del tiempo hasta 2009; sin embargo, durante 2010, la abundancia de este grupo alcanzó el valor histórico más alto (≈ 10 ind./60 m²).

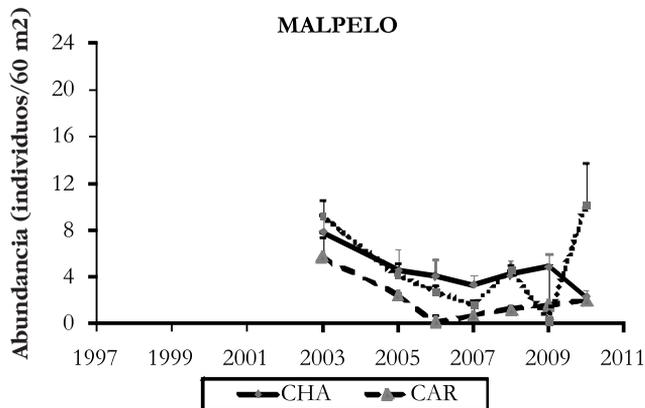


Figura 4.8. Tendencias de la abundancia de las familias de peces Chaetodontidae (CHA), Carangidae (CAR) y Serranidae (SER) en el área de monitoreo de Malpelo. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar para cada año de monitoreo.

4.2.5.1 Presencia del pez león (*Pterois volitans*) en las estaciones del monitoreo Simac

El pez león es una especie nativa de los arrecifes coralinos tropicales del Indo-Pacífico y el Mar Rojo. Es un depredador voraz, caracterizado por alimentarse de peces arrecifales y crustáceos en grandes cantidades (numerosos juveniles del mero guasa *Epinephelus itajara* han sido encontrados en el contenido estomacal de peces león). Posee una serie de espinas venenosas dorsales, ventrales y anales que ahuyentan depredadores y pueden causar heridas dolorosas en humanos. Además, es una especie de rápido crecimiento y altamente resistente a parásitos, concediéndole una ventaja adicional sobre otras especies arrecifales (Morris *et al.*, 2009).

En la última década, numerosos reportes han confirmado la alarmante dispersión del pez león por prácticamente todo el Atlántico Occidental y el Mar Caribe, siendo reconocido en la actualidad como una gran amenaza para los recursos pesqueros, los diferentes hábitats y el funcionamiento de los arrecifes coralinos en dichas áreas. La exitosa invasión del pez león ha generado una emergencia regional, haciéndose fundamental una respuesta de manejo rápida y efectiva ante la problemática.

Durante 2010 se observó por primera vez la presencia del pez león en las áreas de monitoreo Simac. En el Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte se registró al menos un individuo en las estaciones de Los Boyones (Isla Fuerte), Isla Mangle (San Bernardo) y La Coca (isla Rosario). En la bahía de Chengue (PNNT) se observó una mayor cantidad de individuos, oscilando entre 2 a 10 individuos por parcela de monitoreo (Tabla 4.II).

Es fundamental que en Colombia se sigan realizando investigaciones que busquen el entendimiento de la biología y ecología de ésta especie exótica, su dispersión y grado de afectación en los arrecifes, así como tomar acciones efectivas para el manejo de la problemática derivada de su invasión.

Tabla 4.II. Densidad ponderada de pez león registrada en las parcelas de monitoreo Simac (área de 20x20 m) durante 2010 en el Caribe colombiano. A: 1 individuo por censo. B: 2 a 10 individuos por censo. S: nivel somero entre 3 a 6 m de profundidad. I: nivel intermedio entre 7 a 9 m de profundidad.

Año	Área	Estación	Prof.	Ponderación
2010	Isla Fuerte	Los Boyones	S	A
2010	Islas de San Bernardo	Mangle	I	A
2010	Islas del Rosario	La Coca	I	A
2010	Tayrona	Chengue-1	I	A
2010	Tayrona	Chengue-1	S	B
2010	Tayrona	Chengue-2	S	B
2010	Tayrona	Gayraca-1	I	A
2010	Tayrona	Gayraca-2	I	A

4.2.6 Blanqueamiento coralino masivo en Colombia durante 2010

Se conoce como blanqueamiento coralino a la respuesta fisiológica de los corales frente a condiciones ambientales causantes de estrés, como fluctuaciones anormales de la temperatura superficial del mar, elevada irradiación solar, baja

salinidad, sedimentación y enfermedades, entre otros factores. El blanqueamiento refleja la pérdida de color cuando el coral expulsa las zooxantelas que viven en su interior o cuando sus pigmentos se degradan, condición que de prolongarse puede conducir a su muerte. La mayor parte de la coloración de los corales proviene de estas algas y en su ausencia, el tejido coralino se torna traslucido permitiendo ver el color blanco característico del esqueleto calcáreo del coral (Buddemeier *et al.*, 2004; Wilkinson y Souter, 2008). De todos los factores de perturbación asociados con eventos de blanqueamiento, el incremento de la temperatura superficial del mar ha sido catalogado como la principal causa e indicador de riesgo frente a estos eventos (Marshall y Schuttenberg, 2006).

En la segunda mitad de 2010 se registró un evento de blanqueamiento coralino en algunas áreas de Caribe colombiano, similar al ocurrido en 2005. Las primeras observaciones de la ocurrencia del evento fueron reportadas desde agosto para los parques nacionales naturales Corales del Rosario y San Bernardo, y Tayrona (ReefBase, 2010). Su ocurrencia se relacionó con el incremento inusual y prolongado de la temperatura superficial del mar por encima de los 30°C (datos Simac, sin publicar) y con las elevadas descargas de aguas continentales por las fuertes lluvias frente al fenómeno La Niña. A nivel mundial, los resultados de la NOAA muestran que los años 2005 y 2010 fueron los más cálidos desde que se iniciaron los registros de temperatura en 1880 (NOAA, 2011a).

Desde junio de 2010, el programa *Coral Reef Watch* (CRW) de la NOAA (<http://coralreefwatch.noaa.gov>), a través de imágenes satelitales, detectó la existencia de un estrés térmico y comenzó a generar las primeras señales de alerta temprana ante un posible evento de blanqueamiento en el Caribe, comparable al registrado en el 2005 (figuras 4.9a y 4.9b). Para generar estos pronósticos, se tiene en cuenta el valor del umbral de tolerancia al blanqueamiento, que establece que 1°C por encima de la temperatura media máxima mensual los corales comienzan a experimentar estrés térmico (Glynn y D'Croz, 1990).

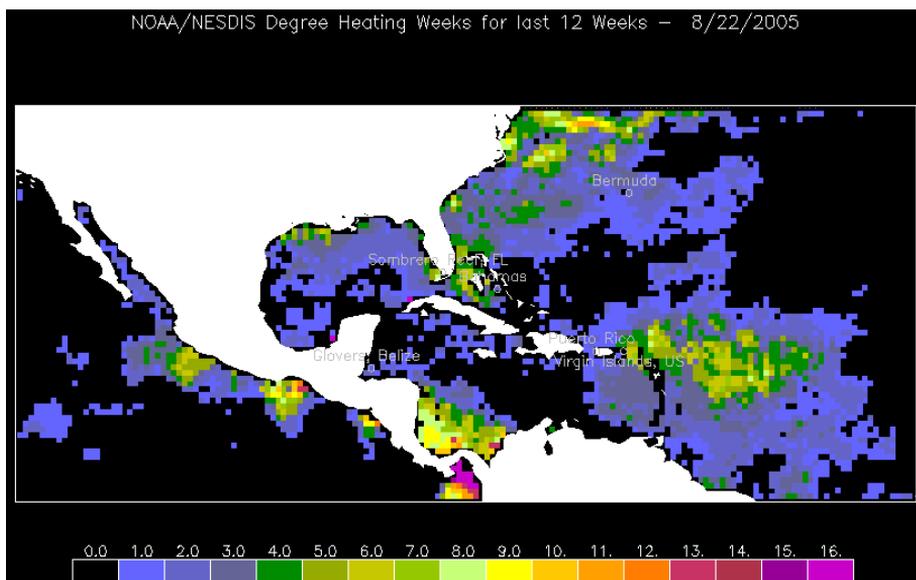


Figura 4.9b. Mapa de predicción de la NOAA mediante el índice DHW para el 22 de agosto de 2005 en el Gran Caribe. El DHW muestra el tiempo en semanas del estrés térmico acumulado en la superficie del mar. La malla de colores inferior tiene una escala de 0 a 16 grados-semanas, donde valores superiores a 4 (color verde a morado) indican que existe un mayor riesgo de presentarse un evento de blanqueamiento.

Quedaron en evidencia las graves consecuencias de este evento masivo, que afectó principalmente a las especies de coral *Montastraea faveolata*, *M. annularis*, *Diploria labyrinthiformis*, *D. strigosa*, *Colpophyllia natans* y en menor cantidad a *Porites asteroides*, *M. cavernosa*, *Siderastrea siderea*, *Meandrina meandrites*. Igualmente, según el registro de las estaciones virtuales de la NOAA en el país, se observa para el 2010 una de las mayores tasas de la temperatura superficial del mar, lo cual afectó en gran medida a los arrecifes de las islas del Rosario y San Bernardo; pero sin duda, su impacto fue mucho mayor en Santa Marta, donde el blanqueamiento de 2010 fue de mayor magnitud al ocurrido en 2005 (Figura 4.10). Para las estaciones del Simac en las islas del Rosario y San Bernardo este fenómeno se presentó por debajo de los 11 m de profundidad (9 a 12 m). Contrario a lo observado en la bahía de Chengue, donde el blanqueamiento coralino abarcó un mayor rango de profundidad (2 a 12 m), siendo evidente en las parcelas del nivel somero y medio (Figura 4.11).

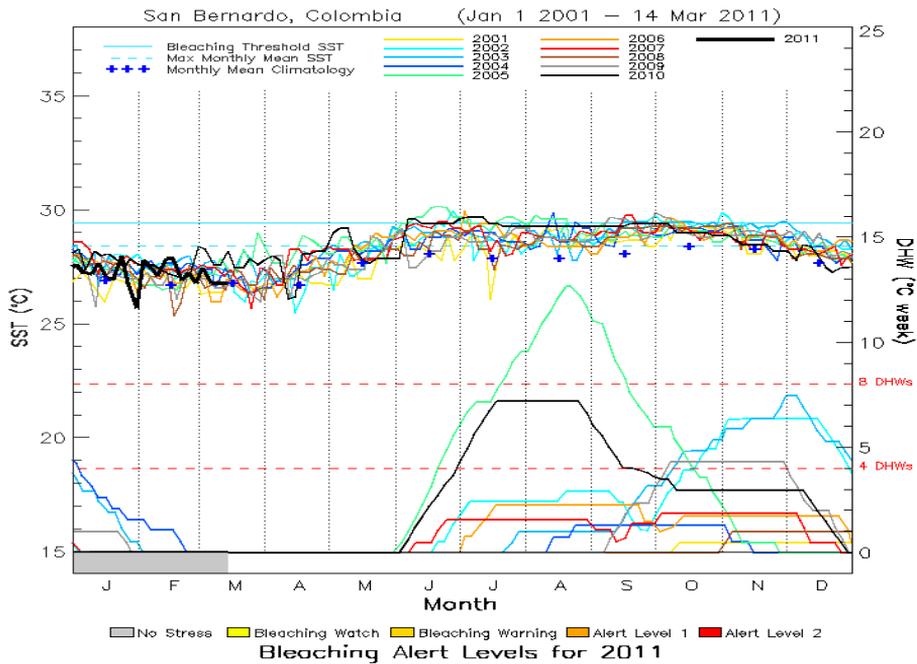


Figura 4.10a. Temperatura superficial del mar (SST) mensual y el grado de duración del calor en semanas de la SST (DHW) desde 2001 hasta el 2011 para las Islas de San Bernardo. La línea delgada negra corresponde a los datos de SST de 2010 y la línea verde, corresponde a los datos de SST de 2005. (Fuente: estaciones virtuales de alerta de blanqueamiento de la NOAA (NOAA, 2011b)).

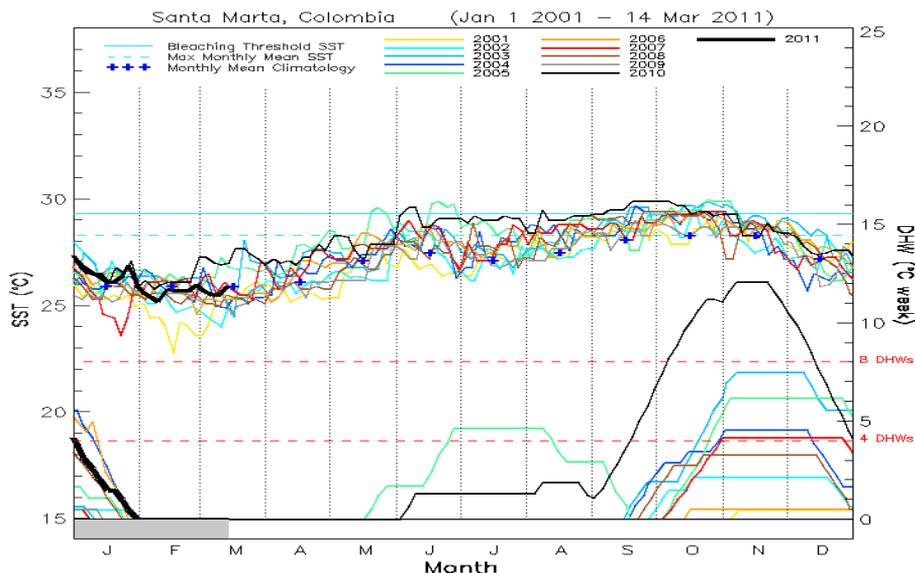


Figura 4.10b. Temperatura superficial del mar (SST) mensual y el grado de duración del calor en semanas de la SST (DHW) desde el año 2001 hasta el 2011 para Santa Marta. La línea delgada negra corresponde a los datos de SST de 2010 y la línea verde corresponde a los datos de SST del 2005. (Fuente: estaciones virtuales de alerta de blanqueamiento de la NOAA (NOAA, 2011b).



Figura 4.11. Formaciones coralinas afectadas por el evento masivo de blanqueamiento en 2010 en la bahía de Chengue (PNNT) (A-B) y Tiosolda (PNNCRSB) (C). Colonias del género *Montastraea* (A-C) fueron unas de las más perjudicadas por este fenómeno.

4.3 Conclusiones y recomendaciones

En Colombia, así como en el resto del mundo, ha crecido notablemente el interés por el cuidado de los arrecifes coralinos, convirtiéndolos en el ecosistema emblemático para la conservación y preservación de los mares tropicales del planeta. Numerosas medidas y campañas se han implementado buscando generar conciencia sobre la importancia del ecosistema y lograr la conservación y uso sostenible de sus recursos. Sin embargo, debido a las presiones de tipo antropogénico y al constante incremento de la problemática del calentamiento global, no se ha logrado alcanzar el grado de conciencia respecto a ellos y el estado de conservación deseado de los arrecifes coralinos.

Ante el dramático deterioro del ecosistema y teniendo en cuenta que los agentes de degradación y las amenazas sobre los arrecifes coralinos son cada vez mayores, es necesario mantener y expandir los estudios y programas de monitoreo de arrecifes coralinos para obtener series de datos extensas que permitan caracterizar su evolución y proveer recomendaciones para su manejo.

La serie de datos del programa de monitoreo Simac, obtenida a partir de evaluaciones anuales en estaciones ubicadas en las principales áreas coralinas de Colombia, evidenciaron:

- La cobertura de corales y algas ha fluctuado de forma diferente en las estaciones intermedias de las áreas geográficas monitoreadas por el SIMAC. La marcada disminución en la cobertura de coral vivo y el aumento de algas en Tayrona se relacionó con la degradación de los arrecifes, tras la ocurrencia del evento de blanqueamiento de 2010. Isla Fuerte, a pesar de contar con un set de datos poco robusto, parece tener arrecifes en buenas condiciones y estables. Para las islas del Rosario y San Bernardo la cobertura de corales y algas indican una aparente estabilidad debido a la escasa variación en los últimos años.
- La ocurrencia general de enfermedades en las áreas coralinas del Caribe colombiano ha sido generalmente baja, siendo las islas del Rosario el área que evidencia una mayor variación. Sin embargo, durante 2009 la ocurrencia de enfermedades fue especialmente alta para las estaciones en este sector, ocasionadas nuevamente por la enfermedad de Plaga Blanca.
- El porcentaje de ocurrencia de blanqueamiento coralino durante 2010 superó los valores promedio históricos reportados por el Simac en el Caribe colombiano. Esta condición obedece al fenómeno de blanqueamiento masivo que se presentó en 2010, con consecuencias similares o incluso mayores a las del evento registrado en 2005. En

Colombia su severidad no fue la misma en todas las áreas evaluadas, presentando un alto grado de afección en los arrecifes del PNNT y en menor medida en las formaciones arrecifales de las islas del Rosario y San Bernardo. Este evento estuvo asociado al incremento inusual y prolongado de la temperatura superficial del mar y a la mayor descarga de aguas continentales por las fuertes lluvias.

- La densidad de los erizos en el transcurso del monitoreo, al parecer, es independiente y particular de cada área evaluada. Las islas del Rosario fue el área que presentó una mayor variación en la abundancia de erizos, sin mostrar un patrón claro en su fluctuación. En relación a la especie clave *Diadema antillarum*, al igual que en otras áreas del Caribe, este erizo parece mostrar bajos signos de recuperación. La realización de estudios complementarios como poblacionales y ecológicos ayudará a esclarecer el estado actual de esta especie y su función en los arrecifes del Caribe colombiano.
- La abundancia de peces arrecifales de importancia comercial (pargos, meros y chernas) ha presentado históricamente valores cercanos a cero. Es posible que este patrón de comportamiento refleje la falta de regulación en las actividades de pesca extractiva, teniendo en cuenta que algunos autores han demostrado que dicha condición es característica de zonas con elevada intensidad pesquera.
- La abundancia de peces arrecifales de importancia ecológica, especialmente los peces loro, han cobrado especial relevancia en la conservación de arrecifes coralinos, teniendo en cuenta que son los principales herbívoros después de la mortandad masiva del erizo *D. antillarum*. Así, con altas fluctuaciones, la familia Scaridae se ha mantenido en el tiempo en las áreas de monitoreo, o ha aumentado su abundancia como es el caso de las islas de San Bernardo.
- Es necesario implementar eficientemente medidas de mitigación y control o reajustar las existentes en lo referente al manejo de los arrecifes coralinos, especialmente en áreas con mayor influencia de factores de origen humano (como fuerte exposición a aguas continentales contaminadas, alta actividad turística y sobrepesca), donde los datos manifiestan tendencias que indican una mayor degradación del ecosistema. La continuidad del monitoreo Simac, con la debida periodicidad, permitirá obtener series de datos más amplias y precisas que ayudarán a comprender la dinámica y evolución de los arrecifes coralinos. La información obtenida por el programa de monitoreo seguirá siendo útil para apoyar y evaluar la implementación de medidas de manejo y mitigación, orientadas a la conservación de los arrecifes coralinos y recursos asociados.

- Considerando que se espera un incremento de los eventos masivos de blanqueamiento, tanto en magnitud como en extensión, es importante crear un sistema de alarma teniendo en cuenta sistemas como *Coral Reef Watch* de la NOAA, para informar a todos los actores involucrados en el manejo ambiental del país y tomar oportunamente acciones de manejo. Ante estos eventos es necesario reducir los factores de estrés local (*e.g.* turismo, pesca, calidad del agua) y contar con programas de monitoreo y planes de acción y contingencia. Así se promoverá la recuperación del arrecife, se conocerá la magnitud del evento y las pérdidas ocasionadas en las formaciones coralinas del país.

Agradecimientos

A todas las entidades y personal que históricamente han colaborado con el desarrollo de las actividades de monitoreo Simac. Durante 2010 se contó nuevamente con el apoyo del PNNCRSB y los funcionarios Diego Duque y Ameth Vargas; Juan Carlos Tobón y Pedro Pérez de Isla Fuerte *Ecolodge and Dive Center*; la administración, personal y centro de buceo del Hotel Punta Faro; la Fundación Malpelo; y el Dr. Fernando Zapata y el grupo de Ecología de Arrecifes Coralinos de la Universidad del Valle.

4.4. Contribuciones al estado del conocimiento de los arrecifes de coral

En el Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros de Colombia (IEARMC) del año 2007 se inició una recopilación de las investigaciones desarrolladas en Colombia en torno a los arrecifes coralinos. Como complemento a esta información, se presenta a continuación un compendio de los trabajos realizados en los arrecifes de coral registrados en los IEARMC, en el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, y algunas revistas internacionales entre 1999 y 2010.

Esta compilación pone en evidencia el notorio avance en términos de biología de organismos, caracterización y función, ampliándose aún más el conocimiento de esta última temática durante el 2010 (Tabla 4.III). Desde 2005 se ha registrado un incremento en el número de investigaciones y una mayor diversidad en los temas relacionados con los arrecifes. Es de resaltar la falta de información en las áreas filogenia, taxonomía y principalmente en materia de rehabilitación, restauración y mitigación, dado el peligro en que se encuentran actualmente los arrecifes de coral en el mundo.

Por otro lado, las temáticas predilectas continúan centrándose en biología de organismos, caracterización y función, siendo esta última la que presentó una mayor cantidad de aportes durante 2010 (Tabla 4.VI). Las ecorregiones del Tayrona, San Andrés y al interior del PNN Corales de Rosario y San Bernardo, han sido áreas en las que se han

concentrado la mayoría de los estudios en arrecifes de coral (Tabla 4.V), especialmente para el Caribe en general. Las ecorregiones ubicadas en el Pacífico (Gorgona y Malpelo) han presentado muy pocas contribuciones al Boletín y el IEARMC, debido a que sus publicaciones se han realizado mayormente en otras revistas nacionales y del exterior.

Para el Pacífico colombiano falta abarcar una gran cantidad de temáticas y en la actualidad existen ambigüedades en la identificación de especies de coral, por lo tanto, un aspecto importante a tener en cuenta es desarrollar más estudios en el campo de la taxonomía. Adicionalmente, el cambio climático global es actualmente una amenaza que puede afectar en el corto plazo los ecosistemas arrecifales, por lo tanto, estudios enfocados en esta área (*e.g.* conectividad, resiliencia, investigaciones experimentales), así como la continuación de actividades de monitoreo, son una herramienta fundamental con la cual se pueden implementar medidas para la adaptación del cambio climático, especialmente en las áreas marinas protegidas.

Si el lector conoce otros estudios que se hayan realizado en relación a este ecosistema, que no estén incluidos en este compendio, favor entrar en contacto con rnavas@invemar.org.co. De esta manera se actualizará esta información, incluyéndola en informes posteriores, con el propósito de procurar tener una visión más integral del estado de los arrecifes colombianos y facilitar información relevante en temas de manejo.

Tabla 4.III. Organización temática de las contribuciones del IEARMC, el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras y algunas revistas internacionales realizadas en arrecifes coralinos desde 1999. En gris oscuro se resaltan las nuevas contribuciones.

Temática	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Caracterización	1	2	2	1			2	3		3		
Distribución		1			1							
Función					2		4	3	2			6
Filogenia												
Taxonomía												
Biología de Organismos				2			1	5	2	3	1	1
Rehabilitación/restauración/mitigación												
Impactos							1			1		

Tabla 4.IV. Listado de algunos estudios desarrollados en los arrecifes coralinos colombianos, publicados en 2010.

Título	Autores	Fuente
<i>Colony growth in the harvested octocoral Pseudopterogorgia acerosa in a Caribbean coral reef.</i>	Cadena, N. y J.A. Sánchez	Mar. Ecol. 31 (4): 566–573
<i>Coral colonization by the encrusting excavating Caribbean sponge Cliona delitrix.</i>	Chaves-Fonnegra, A. y S. Zea	Mar. Ecol. no. : 10.1111/j.1439-0485.2010.00416.x
Efecto de la sedimentación en el reclutamiento de las macroalgas <i>Dictyota</i> spp. y <i>Lobophora variegata</i> : un estudio experimental en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano .	Flórez-Leiva, L., A. Rangel-Campo, M. Díaz-Ruiz, D. Venera-Pontón y G. Díaz-Pulido	Bol. Invest. Mar. Cost. 39 (1): 41 -56
<i>Mid-term coral-alga dynamics and conservation status of a Gorgona Island (Tropical Eastern Pacific) coral reef.</i>	Zapata, F., A. Rodríguez-Ramírez, C. Caro-Zambrano y J. Garzón-Ferreira	Rev. Biol. Trop. 58 (Suppl. 1): 81 -94
<i>Coral diseases and bleaching on Colombia Caribbean coral reefs.</i>	Navas-Camacho, R., D. Gil-Agudelo, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia y J. Garzón-Ferreira	Rev. Biol. Trop. 58 (Suppl. 1): 95 -106
<i>Recent dynamics and condition of coral reefs in the Colombian Caribbean.</i>	Rodríguez-Ramírez, A., M.C. Reyes-Nivia, S. Zea, R. Navas-Camacho, J. Garzón-Ferreira, S. Bejarano, P. Herrón y C. Orozco	Rev. Biol. Trop. 58 (Suppl. 1): 107 -131
<i>Temporal patterns in coral reef, seagrass and mangrove communities from Chengue bay CARICOMP site (Colombia): 1993-2008</i>	Rodríguez-Ramírez, A., J. Garzón-Ferreira, A. Batista-Morales, D. Gil-Agudelo, D.I. Gómez-López, K. Gómez-Campo, T. López-Londoño, R. Navas-Camacho, M.C. Reyes-Nivia y J. Vega-Sequeda	Rev. Biol. Trop. 58 (Suppl. 3): 45 -62

Tabla 4.V. Listado de registros de estudios desarrollados en arrecifes coralinos por temática y ecorregiones naturales según el PNIBM (INVEMAR, 2000), de acuerdo a los registros del IEARMC, el Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras y algunas revistas internacionales. Ecorregiones: TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), gal (Galerazamba), ARCO (Archipiélagos coralinos), DAR (Darién), cap (Capurganá), SAN (San Andrés y Providencia), MAL (Malpelo), GOR (Gorgona). En gris oscuro se resaltan las temáticas en las que se encuentran incluidos los aportes para 2010.

DEPARTAMENTOS	Magdalena	Atlántico y Bolívar	Bolívar - Sucre - Córdoba	Choco	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	CARIBE	Valle	Cauca	NACIONAL
TEMÁTICA/ ECOREGIONES	TAY	MAG / gal	ARCO	DAR / cap	SAN		MAL	GOR	
Caracterización	2	1	2					2	1
Distribución		1		1					1
Función	5		9	2	5	4	1	1	
Filogenia									
Taxonomía									
Biología de Organismos	7		2		1	1		1	
Rehabilitación/restauración/ mitigación									
Impactos					1				
Entidades									

4.5 Literatura citada

- Achituv, Y. y Dubinsky, Z. 1990. Evolution and zoogeography of coral reefs. p. 1-9. En: Dubinsky, Z. (Ed). Ecosystems of the world 25. Coral Reefs. Elsevier Science B.V. Amsterdam, The Netherlands; 550 p.
- Alvarado, J. y Á. Chiriboga. 2008. Distribución y abundancia de equinodermos en las aguas someras de la Isla del Coco, Costa Rica (Pacífico Oriental). Rev. Biol. Trop., 56 (Suppl. 2): 99-111.
- Aronson, R.B. y W.F. Precht. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. Hydrobiology, 460: 25-38.
- Birkeland, C. (Ed). 1997. Life and death of corals reefs. Chapman & Hall, Nueva York; 536 p.
- Brown, B.E. 1997. Disturbances to reefs in recent times. p. 354-379. En: Birkeland, C. (Ed) Life and death of corals reefs. Chapman & Hall, Nueva York. 536p.
- Buddemeier, R.W., J.A. Kleypas y R.B. Aronson. 2004. Coral reefs and global climate change: potential contributions of climate change to stress on coral reefs ecosystems. 44p.

Burke, L., K. Reytar, M. Spalding y A. Perry. 2011. Reef at Risk: revisted. World Resources Institute. Washington; 114 p.

- Liu G, A. E. Strong, W. Skirving, L. F. Arzayus, 2005. Overview of NOAA coral reef watch program's near-real time satellite global coral bleaching monitoring activities. Proc 10th Int Coral Reef Symp., Okinawa, Japan, 2004, 1:1783-1793.
- Marshall, P. y H. Schuttenberg. 2006. A reef manager's guide to coral bleaching. IUCN Publications Services Unit. United Kingdom ; 163p.
- Morris, J., J.L. Akins, A. Barse, D. Cerino, D.W. Freshwater, S.J. Green, R.C. Muñoz, C. Paris y P.E. Whitfield. 2009. Biology and ecology of the invasive lionfishes, *Pterois miles* and *Pterois volitans*. Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Gosier, Guadeloupe, French West Indies. 2008. 6p.
- Mumby, P.J., A. Hastings y H.J. Edwards. 2007. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature* 450: 98101.
- Navas-Camacho R., A. Rodríguez Ramírez, C. Reyes-Nivia, N. Santodomingo, K. Gómez-Campo, K. Bernal, J. Vega-Sequeda, J. Olaya-Restrepo, D. L. Gil-Agudelo, J. Garzón-Ferreira, F. Zapata Rivera, N. Bolaños, A. Abril, G. Duque-Nivia, D. L. Duque y A. Taborda. 2007. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. p. 48-58. En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas, No. 8. Santa Marta.
- Navas-Camacho R. y A. Rodríguez-Ramírez. 2008. Estado de los arrecifes coralinos. p. 53-73. En: INVEMAR. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. 2007. Serie de publicaciones periódicas, No. 8. Santa Marta.
- Navas-Camacho, R., K. Gómez-Campo, J. Vega-Sequeda y T. López-Londoño. 2009. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. p. 59-88 En: INVEMAR. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008. Serie de publicaciones periódicas, No. 8. Santa Marta.
- Navas-Camacho, R., K. Gómez-Campo, J. Vega-Sequeda, T. López-Londoño, D. Duque, A. Abril y N. Bolaños. 2010a. Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. En: INVEMAR. 2010. p. 75-100. En: Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de publicaciones periódicas, No. 8. Santa Marta.
- Navas-Camacho R., D.L. Gil-Agudelo, A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia y J. Garzón-Ferreira. 2010b. Coral diseases and bleaching on Colombian Caribbean coral reefs. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (suppl. 1): 95-106.
- Navas-Camacho R., A. Rodríguez-Ramírez, M.C. Reyes-Nivia. 2010c. Agents of coral mortality on reef formations of the Colombian Pacific. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (suppl. 1): 133-138.
- NOAA. 2011a. State of the Climate Global Analysis Annual 2010. NOAA. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2010/13>
- NOAA. 2011b. NOAA Coral Reef Watch: Greater Caribbean Coral Bleaching Data Products. http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/virtual_stations/greater_caribbean.html
- Prahl, H.v. 1985. Blanqueo y muerte de corales hermatípicos en el Pacífico colombiano atribuidos al fenómeno de El Niño 1982-1983. *Boletín ERFEN*, 12: 22-24.

ReefBase. 2010. Threats – Bleaching. Observations. Colombia.
www.reefbase.org/global_database/default.aspx?section=t4

doméstica (Guevara–Mancera *et al.*, 1998; Ulloa–Delgado *et al.*, 1998).

En el Caribe crecen cinco de las nueve especies de mangle reportadas para Colombia (Tabla 5.I), siendo las más abundantes y de mayor uso la *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, seguidas por *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelluciera rhizophorae*.

De esta última especie sólo se tienen registros puntuales en la bahía de Cispatá (Córdoba), el sector occidental de la bahía de Barbacoas (Bolívar), la Ciénaga Honda y de Pablo (Sucre), en el Golfo de Morrosquillo y en la bahía de Marirrí (Urabá antioqueño) (MMA, 2002). En el Pacífico colombiano, además de las especies mencionadas para el Caribe, se hallan *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia bicolor* y *Mora oleifera*. Actualmente en el país los manglares ocupan una extensión aproximada de 294636.3 ha, de las cuales 62245.3 ha se distribuyen en el Caribe y 232391 ha en el Pacífico (Tabla 5.II).

Tabla 5.I. Cobertura de mangle en Colombia. Datos tomados de ¹CORPOURABÁ, 2002; ²MMA, 2002; ³Sánchez-Páez *et al.*, 2004; ⁴INVEMAR, 2005; ⁵INVEMAR, CRC, CORPONARIÑO, 2006; ⁶Restrepo, 2007; ⁷Cadavid *et al.*, 2009; ⁸Gil-Torres *et al.*, 2009; ⁹López-Rodríguez *et al.*, 2009a, ¹⁰López-Rodríguez *et al.*, 2009b, ¹¹Rodríguez-Peláez *et al.*, 2009, ¹²Sierra-Correa *et al.*, 2009, ¹³Solano *et al.*, 2009. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco.

Tabla 5.II. Distribución de las especies de mangle en las costas del Caribe y Pacífico colombianos. Datos tomados de Sánchez-Páez *et al.* (2004). SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco, SAQ: Sanquianga, MAL: Malpelo, GOR: Gorgona, BAU: Baudó. Subcorregiones; Sal: Golfo de Salamanca, CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, Gal: Galerazamba, Arb: Arboletes, Atr: Atrato y Cap: Capurganá

Debido a la poca penetración de la marea, en el litoral Caribe se observan manglares limitados a estrechas franjas inundadas a lo largo de la línea intermareal, formando parches dentro de lagunas, ciénagas, estuarios y desembocadura de ríos y quebradas. Las mayores coberturas se establecen en las desembocaduras de los grandes ríos que vierten sus aguas en el Caribe, principalmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, el canal del Dique y los deltas de los ríos Sinú y Atrato (Sánchez-Páez *et al.*, 2004) (Figura 5.1). Por el contrario los manglares del litoral Pacífico se distribuyen en una franja casi continua, desde el río Mataje al sur de Nariño, hasta las cercanías de Cabo Corrientes (Chocó), donde se interrumpe para continuar con pequeñas franjas en el Golfo de Tribugá, Ensenada de Utría y en Juradó, en límites con Panamá (Von Prael, 1989) (Figura 5.2).

cada uno de ellos planes de ordenamiento. Las CAR de los restantes departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombiano, se encuentran adelantando las acciones necesarias para realizar los estudios de zonificación y la ordenación de las áreas de manglar de su jurisdicción (Tabla 5.V).

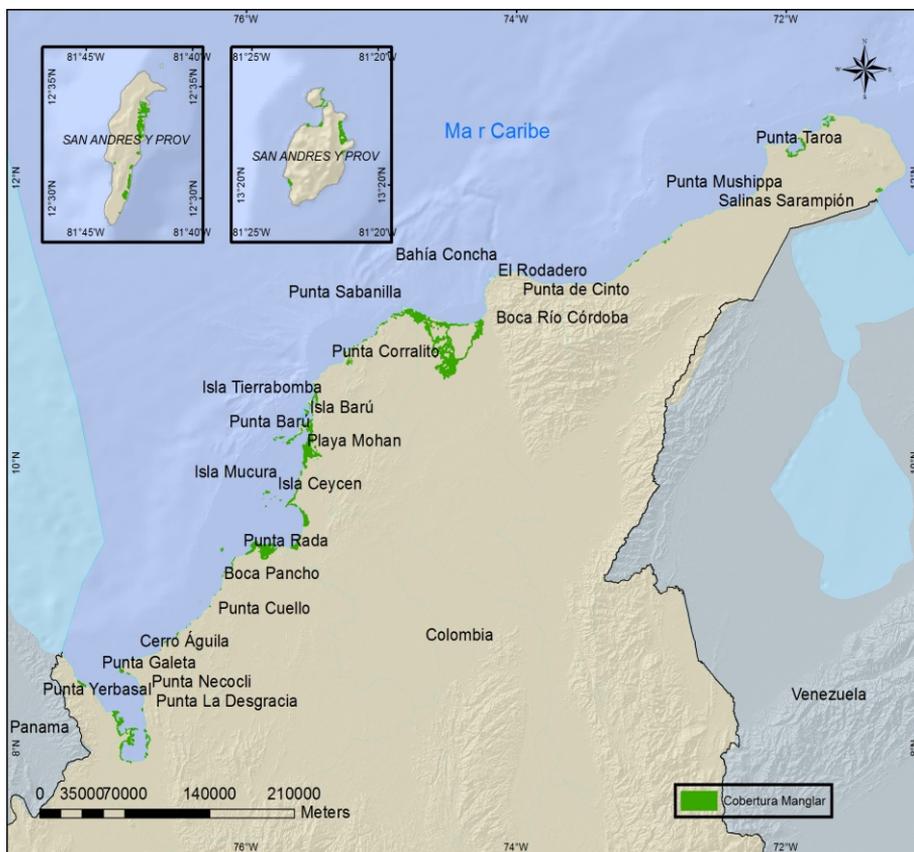
Tabla 5.V. Avances del proceso de zonificación y ordenamiento de los manglares en Colombia, de acuerdo con la normatividad vigente. En las casillas sombreadas con gris oscuro se presentan los avances realizados en 2010.

A 2010 se ha aprobado la zonificación de 156163 ha de manglar, de las cuales 45422 ha se encuentran en el Caribe y 110741 ha en el Pacífico. De la totalidad de áreas de manglar zonificadas el 49.2 % son zonas de uso sostenible, el 28.5 % son zonas de recuperación y el 22.3 % corresponden a zonas de preservación (Tabla 5.VI). Las áreas zonificadas en los departamentos de Sucre, Córdoba y Cauca contemplan otras formaciones vegetales asociadas.

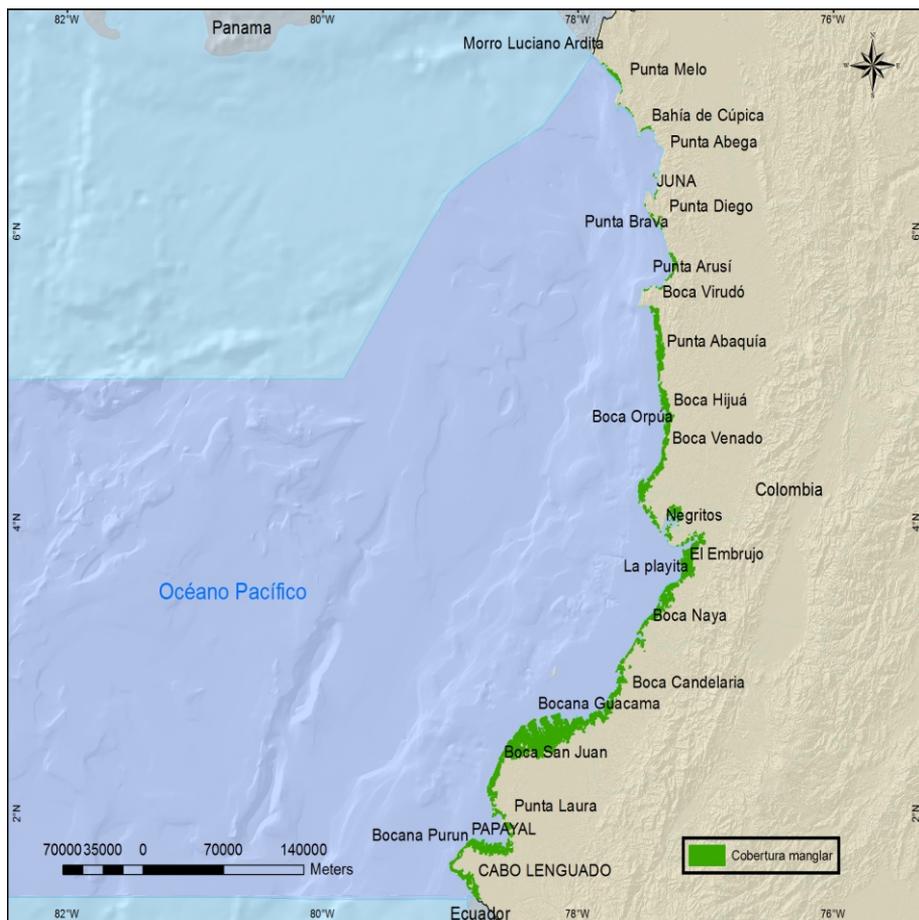
Tabla 5.VI. Áreas de manglar zonificadas en tres categorías de manejo y aprobadas mediante las resoluciones ¹0721 de 2002, ²0442 del 2008, ³2168 del 2009, ⁴619 del 2010, ⁵en proceso de aprobación por el MAVDT. En la casilla gris oscuro se presentan los avances de 2010.

Departamento	Ecorregión natural	Área (ha)
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina ⁹	SAN	209.7
La Guajira ⁸	GUA y PAL	2514.00
Magdalena ⁷	MAG y TAY	33900
Atlántico ⁴	MAG	613.6
Bolívar ^{2,3}	MAG y ARCO	7001
Sucre ³	MOR y ARCO	9303
Córdoba ¹³	MOR y ARCO	9180
Antioquia ¹	DAR	6518
Total Caribe		62245.30
Chocó ³	PAN	64750
Valle del Cauca ⁶	BUE y NAYA	31374
Cauca ^{10,11,12}	NAYA	18691
Nariño ⁵	TUM	117576
Total Pacífico		232391
Total Colombia		294636.30

Departamento	Ecorregiones	GUA	PAL	TAY	MAG	ARCO	MOR	Sucre y Córdoba	Sucre	Córdoba	DAR	Chocó	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	PAN	BAU	BUE	NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM	
		sal	cgsm	gal	arb	atr	cap															
	Subecorregiones																					
	<i>Rhizophora mangle</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Rhizophora harrisoni</i>													x								x
	<i>Rhizophora racemosa</i>													x								x
	<i>Laguncularia racemosa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Conocarpus erectus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Avicennia germinans</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Avicennia bicolor</i>													x								x
	<i>Pelluciera rhizophorae</i>													x								x
	<i>Mora oleifera</i>													x								x



El mayor esfuerzo en investigación se evidencia en los manglares del Caribe colombiano,



con el 70.4 % de los estudios, especialmente en los departamentos de San Andrés y Providencia, Magdalena, Córdoba y La Guajira. En el Pacífico, a pesar de poseer mayor cobertura de mangle, se han desarrollado tan sólo el 20.7 % del total de los estudios (Tabla 5.VIII).

Tabla 5.VIII. Esfuerzos locales y regionales de investigación en bosques de manglar conforme a temáticas de interés nacional en la última década.

Caract: Caracterización, Rehabil: Rehabilitación. SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos,

MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, PAN: Pacífico Norte, BUE: Buenaventura, NAYA: Naya, TUM: Tumaco. Las casillas grises corresponden a cambios respecto al IEARMC del año inmediatamente anterior, debido a la actualización de la información.

En cuanto a las investigaciones efectuadas en el área total de cada litoral, en el Pacífico se presentan mayor número de estudios que en el Caribe (8 y 3, respectivamente), sin embargo, solamente corresponden a una temática. Las investigaciones realizadas en

Resolución	Contenido
Resoluciones 1602 de 1995 y 020 de 1996	Dictan las medias para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia, previo a estudios de diagnóstico y estado de los ecosistemas de manglar por parte de las corporaciones autónomas regionales (CAR). Establecen y aclaran las prohibiciones extractivas y de aprovechamiento en ecosistemas de manglar del país.
Ley 357 de 1997	Convención relativa de los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitats para aves acuáticas, suscrita en Ramsar el 2 de febrero de 1991. Esta ley le asigna al Estado la obligación para la conservación y protección de los humedales.
Resolución 257 de 1997	Establece controles mínimos para contribuir a garantizar las condiciones básicas de sostenibilidad de los ecosistemas de manglar y sus zonas circunvecinas.
Resolución 924 de 1997	Fija los términos de referencia y plazos para elaborar los estudios conducentes a conocer el estado actual de los manglares y los diferentes tipos de usos, incluyendo las actividades tradicionales de aprovechamiento.
Resolución 233 de 1999	Extiende el plazo para entregar los estudios ordenados por la Resolución 924 de 1997.
Resoluciones 0694 y 1082 de 2000 y 0721 de 2002	Se pronuncian sobre los estudios y propuestas de la zonificación en áreas de manglar, presentados por las CAR. Proponen medidas relacionadas con orientaciones y pautas para elaborar planes de manejo integral en áreas de manglar.

ambas costas (Caribe y Pacífico) son de gran importancia, no obstante solo el 8.8 % de

~~estudios cubren la totalidad de los litorales colombianos, no tienen como objetivo~~

Título	Contenido
--------	-----------

Es necesario intensificar esfuerzos de investigación en los manglares del país, principalmente en temas como contaminación, cambio climático y rehabilitación. El litoral Pacífico debe ser el primer escenario para este tipo de estudios, no solo por albergar el 78.9 % de la cobertura de mangle del país, sino también porque puede ser más vulnerable ante eventos de ascenso en el nivel del mar, extracción excesiva de recursos forestales, no

<p>Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia.</p>	<p>Propende por el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras, que permita mediante su manejo integrado, contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población colombiana, al desarrollo armónico de las actividades productivas y a la conservación y preservación de los ecosistemas y recursos marinos y costeros.</p>
--	--

manglar, todos realizados en el Caribe colombiano. A continuación se presenta la síntesis de algunos de ellos.

Establece un marco estratégico que incorpore activa mente el sector forestal al desarrollo nacional, optimizando las ventajas comparativas

5.4.1. Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

El estudio “Ordenamiento Ambiental de los Manglares del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina” es la publicación más actual acerca del estado de los manglares de este departamento, elaborado por el INVEMAR, MAVDT y Coralina en el 2009. El documento realiza un diagnóstico integral del ecosistema. define áreas de

de los bosques de mangle se encuentran sobre el costado oriental. Se caracterizan por un buen desarrollo estructural y una zonación típica de borde en la que prevalece *R. mangle* en la franja inicial, seguida por *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus* hacia el interior del bosque. Al costado occidental de la isla de San Andrés, en los sectores de Hotel Aquarium Decamerón, Km 4 y cabecera occidental del aeropuerto se presentan bosques de mangle de bajo desarrollo estructural, dominados por *C. erectus*; en el sector de El Cove se encontró un bosque monoespecífico de *R. mangle* con problemas de sedimentación y basuras. En Providencia y Santa Catalina la mayor cobertura de manglar se aprecia al costado este, donde predominan bosques mixtos de bajo desarrollo estructural, dominados por *R. mangle*, *L. racemosa* y en menor medida, *A.*

<p>Programa Nacional “Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar”.</p>	<p>Establece la necesidad de llevar a cabo por parte de las CAR con injerencia en las zonas costeras del país, estudios tendientes a la zonificación de las áreas de manglar en Colombia y la definición de lineamientos para su manejo.</p>
---	--

de los bosques de mangle se encuentran sobre el costado oriental. Se caracterizan por un buen desarrollo estructural y una zonación típica de borde en la que prevalece *R. mangle* en la franja inicial, seguida por *A. germinans*, *L. racemosa* y *C. erectus* hacia el interior del bosque. Al costado occidental de la isla de San Andrés, en los sectores de Hotel Aquarium Decamerón, Km 4 y cabecera occidental del aeropuerto se presentan bosques de mangle de bajo desarrollo estructural, dominados por *C. erectus*; en el sector de El Cove se encontró un bosque monoespecífico de *R. mangle* con problemas de sedimentación y basuras. En Providencia y Santa Catalina la mayor cobertura de manglar se aprecia al costado este, donde predominan bosques mixtos de bajo desarrollo estructural, dominados por *R. mangle*, *L. racemosa* y en menor medida, *A.*

germinans y *C. erectus* (López *et al.*, 2009a).

Corporación	Estado	Avance
Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible de Chocó (Codechocó)	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En el 2009 se finalizó el diagnóstico y zonificación de los manglares del golfo de Tribugá, en un convenio de cooperación entre el Consejo Comunitario General Los Riscales y el MAVDT. Las próximas acciones conducirán a validar los lineamientos de manejo, establecer un programa de monitoreo para los planes de manejo y definir la línea base del estado de los principales recursos de manglar, así como aspectos socioeconómicos asociados con este ecosistema y contar con los planes de manejo preliminares en 2011. ▪ En el departamento del Chocó se zonificaron 39815.8 ha de manglar, en 2010.
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (Corpouraba)	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La Resolución 2168 de 2009 aprueba la zonificación de los manglares del departamento de Antioquia. ▪ Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares del Golfo de Urabá y el departamento de Antioquia. ▪ Desde el 2006 hasta la fecha, se ha ejecutado el proyecto: “Implementación del Plan de Manejo de los Manglares del Golfo de Urabá y Mar Caribe Antioqueños”. ▪ Se ha implementado en un 20 % el Plan de Manejo de Manglares en el departamento.
Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira)	Zonificación y plan de manejo pendiente por aprobación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulación de la Unidad de Manejo Integrado de Bahía Portete. ▪ Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira. ▪ Con el fin de ampliar la cobertura vegetal en el sector de Musichi (Manaure), se realizó el replantamiento de 20 ha, por medio de la producción y siembra de 30000 plántulas de mangle germinadas en viveros.

Corporación	Estado	Avance
Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC)	Zonificación y plan de manejo pendientes por aprobación.	<ul style="list-style-type: none"> Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares de Guapi, López de Micay y Timbiquí, en el departamento de Cauca.
Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño)	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> Se expidió la Resolución 619 de 2010, por la cual se aprueba la propuesta de zonificación de las áreas de manglar presentadas por la corporación.
Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre)	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> Con la Resolución 0721 de 2002 se aprueba la zonificación de los manglares del departamento de Sucre. Implementación del plan de manejo integral de la zona de uso sostenible Ciénaga de la Caimanera, enmarcado en el proyecto "Recuperación y manejo de los manglares de la zona costera de Sucre".
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina)	Zonificación y plan de manejo pendientes por aprobación.	<ul style="list-style-type: none"> Zonificación, caracterización y ordenación de los manglares del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
Corporación Autónoma Regional del Magdalena (Corpamag)	Pendiente la zonificación de los manglares y el plan de manejo integral.	<ul style="list-style-type: none"> Mediante el Decreto 3888 de 2009 se ajusta y actualiza formalmente la ficha técnica del Sistema Deltaico Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta ante la Convención Ramsar. En 2009 se culminó la reforestación de 2.7 ha de mangle en la madreveja del río Buritaca y 6.5 ha en la zona de Sevillano, en convenio con la fundación Fundambien y con la participación de 22 familias.

Corporación	Estado	Avance
Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA)	Zonificación aprobada mediante resolución, pendiente el plan de manejo formulado.	<ul style="list-style-type: none"> Se expidió la Resolución 0442 del 14 de marzo de 2008, por la cual se aprueba la zonificación de los manglares del departamento del Atlántico.
Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS)	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> A través de la Resolución 0721 de 2002 se aprueba la zonificación de los manglares del departamento de Córdoba. Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible del sector estuarino de la bahía de Cispatá. Se ejecutó el proyecto: "Formulación del plan integral de manejo para el distrito de la bahía de Cispatá, la Balsa, Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú". INVEVAR ha realizado estudios de sensoramiento remoto y análisis multitemporales de los cambios en la cobertura de manglar en la zona deltáico-estuarina del río Sinú.
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> Mediante la Resolución 0857 del 2008, se modifica la zonificación establecida en la Resolución 0721 de 2002.
Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique)	Zonificación y plan de manejo aprobados y en ejecución.	<ul style="list-style-type: none"> Mediante la Resolución 0721 de 2002 se aprueba la zonificación de los manglares del departamento de Bolívar. Se llevó a cabo el proyecto "Establecimiento y mantenimiento de <i>R. mangle</i> en Trupillo, zona de recuperación y vegetalización de bahía Barbacoas y caños Matunilla y Lequerica".

Por otro lado, Galeano *et al.* (2010) cuantificaron las tasas de descomposición de hojarasca de tres especies de manglar en los humedales más representativos de Providencia, en diferentes sustratos de descomposición: bajo el agua, dentro de la turba (20 cm de profundidad) y sobre el suelo (superficie), encontrando que las mayores tasas de descomposición y producción se encuentran en Mc Bean, seguida de Santa Catalina y South West, permitiendo que los procesos de exportación a

ecosistemas vecinos y sedimentación se den de manera eficaz.

5.4.2 Departamento de La Guajira

Corpoguajira, con el apoyo técnico del INVEMAR, generaron en el 2009 el documento "Ordenamiento ambiental de los manglares de la Alta, Media y Baja Guajira

Entidad	Departamento	Zonas			Total
		Uso sostenible	Recuperación	Preservación	
Coralina ⁵	San Andrés, Providencia y Santa Catalina	3.3	19.4	187.1	209.8
Corpoguajira ¹	La Guajira	5598	916	2514	7028
CRA ²	Atlántico	-	55	558	613
Cardique ¹	Bolívar	2100	3870	1081	7051
Carsucre ¹	Sucre	5223	3425	4035	12683
CVC ¹	Córdoba	9933	1635	1835	15883
Corpourabá ³	Antioquia	2285	2087	2146	6518
Corponariño ⁴	Nariño	37432	10885	11658	59975
CVC ¹	Valle del Cauca	11079	14787	6207	32073
CRC ¹	Cauca	8705	3495	6491	18691
Total		76760.3	44486.5	34914.1	156 657.7

Por último los bosques de manglar de la Baja Guajira ocupan una extensión de 177.66 ha. Se forman rodales constituidos por *A. germinans*, *L. racemosa*, *R. mangle* y *C. erectus*; presentan un buen desarrollo estructural, sin embargo, se observan algunos sectores donde el lavado del suelo no es eficiente, razón por la cual se registra hipersalinidad con el consecuente efecto sobre el desarrollo de la floresta (Gil-Torres *et al.*, 2009), es importante resaltar que las áreas de manglar de este departamento presentan una importante intervención, dando lugar a diferentes grados de alteración que en algunos casos es irreversible (Gil-Torres *et al.*, 2009), por ello es de vital importancia tomar medidas que controlen y mitiguen los principales impactos.

5.4.3 Departamento del Magdalena

Durante el 2010, INVEMAR con el apoyo del MAVDT y Corpomag dio continuidad al proyecto "Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta", cuyo propósito ha sido evaluar de

manera integral el impacto del régimen hidrológico durante el proceso de recuperación ecológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), incluyendo entre otros

Temática	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
Caracterización	6	1	5	3	3	1	2	4	2	1	28
Función	10	5	8	8	4	1	5	3	7	5	56
Genética	3	-	3	-	-	-	1	1	-	-	8
Rehabilitación	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	5
Manejo	10	6	5	4	3	7	4	3	8	-	50
Impactos	-	1	2	3	-	-	1	2	2	2	13
Total	31	13	25	18	10	9	13	13	20	8	160

Departamentos	Ecorregiones	Caract.	Función	Genética	Rehabil.	Manejo	Impactos	Total
San Andrés y Providencia	SAN	6	13	-	-	10	-	32
La Guajira	GUA y PAL	6	4	-	2	3	1	16
Magdalena	MAG y TAY	3	24	-	1	1	5	34
Atlántico	MAG	-	-	-	-	1	-	1
Bolívar	MAG y ARCO	3	-	-	1	3	-	7
Sucre	MOR y ARCO	1	-	-	-	1	-	2
Córdoba	MOR y ARCO	-	9	-	-	6	2	17
Antioquia	DAR	-	-	-	-	3	1	4
Caribe colombiano		-	1	-	-	2	-	3
Total Caribe		19	51	-	4	30	9	113
Chocó	PAN	-	-	-	-	2	-	2
Valle del Cauca	BUE y NAY	3	1	-	-	3	-	7
Cauca	NAY	1	-	-	-	5	-	6
Nariño	TUM	-	1	-	-	3	-	4
Cauca y Nariño	NAY y TUM	2	-	-	-	2	2	6

Departamentos	Ecorregiones	Caract.	Función	Genética	Rehabil.	Manejo	Impactos	Total
Pacífico colombiano		-	-	7	-	-	1	8
Total Pacífico		6	2	7	-	15	3	33
Ambas costas		3	3	1	1	5	1	14
Total Colombia		28	56	8	5	50	13	160

ensayos de degradación de hojarasca, estimaciones de la emisión y retención de carbono y nitrógeno que finalmente conducirán a determinar el balance de gases de efecto invernadero en la CGSM.

5.4.4 Departamento de Córdoba

La CVS en cooperación técnica con el INVEMAR, formularon el Plan Integral de Manejo (PIM) del Distrito de Manejo Integrado –DMI de la bahía de Cispatá–La Balsa–Tinajones y sectores aledaños al delta estuarino del río Sinú.

Las áreas de manglar incluidas en el DMI tienen una extensión de 8570.9 ha y se diferencian entre ellas, principalmente, por su estructura y composición. En la Tabla 5.IX se registra por cada sector una síntesis de los atributos estructurales del manglar, tomando como referencia los estudios previos de caracterización, diagnóstico, zonificación y planes de manejo para las diferentes áreas de manglar (Gil-Torres y Ulloa-Delgado, 2001; Sánchez-Páez *et al.*, 2005; Ulloa-Delgado *et al.*, 2005a).

Tabla 5.IX. Breve descripción de los bosques de mangle caracterizados durante la formulación del Plan Integral de Manejo (PIM) del Distrito de Manejo Integrado–DMI de la bahía de Cispatá–La Balsa–Tinajones y sectores aledaños al delta estuarino del río Sinú.

5.4.5 Departamento del Cauca

De acuerdo a la información suministrada por Rodríguez *et al.* (2009), los bosques de manglar del municipio de Guapi ocupan un área de 5214 ha (Tabla 5.X), constituidos por *L. racemosa* -la especie más abundante-, *R. mangle*, *Mora oleifera* y *Pelliciera rhizophorae*, como especie asociada. El principal impacto que presentan estos bosques está relacionado principalmente por cambios en el uso del suelo debido al establecimiento de cultivos agrícolas, razón por la cual la cobertura del manglar se está desplazando hacia la línea de costa, donde predominan franjas de *R. mangle*.

Según López *et al.* (2009b), el municipio de López de Micay posee 4355 ha de manglar, de las cuales 140 ha corresponden a mezclas con cultivos agrícolas (Tabla 5.X). *R. mangle* es la más abundante y se encuentra en franjas cortas cercanas a la línea de costa, con una altura y DAP entre 11.3 y 17.9 cm, respectivamente. *L. racemosa*, la

segunda en abundancia, se presenta en zonas perturbadas como especie colonizadora con altura y DAP entre 6.5 y 13.6 cm; mientras que *M. oleifera* se distribuye a lo largo de

impactados del país, principalmente en temas como contaminación, cambio climático y rehabilitación. Dado que el 68 % de los estudios se concentran en el Caribe, es necesario que los esfuerzos de investigación también se extiendan al litoral Pacífico, ya que éste alberga el 78.9 % de la cobertura de mangle del país, la cual es vulnerable ante eventos de ascenso en el nivel del mar, extracción excesiva de recursos forestales, no forestales e hidrobiológicos, desarrollo y expansión de la frontera urbana y agrícola, entre otros. Además se deben ejecutar estudios conducentes a la formulación de proyectos que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de manglar, que simultáneamente generen actividades productivas de beneficio social y económico, como por ejemplo mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y pago por servicios ambientales.

- Los ecosistemas de manglar presentes en las costas del Caribe, del Pacífico y en el territorio insular de Colombia se encuentran perturbados al estar sometidos a una creciente presión por el desarrollo de la infraestructura vial, turística, urbana e industrial; por el aprovechamiento intensivo de los recursos hidrobiológicos y maderables, y por el cambio de uso de la tierra por la expansión de la frontera agrícola. El panorama en cuanto a la recuperación de las áreas de manglar en el país no es del todo alentador, si bien en los departamentos de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, La Guajira, Magdalena, Córdoba y Cauca, se presentan bosques desarrollados y en buen estado, algunos sectores de éstos y en el resto del país, siguen siendo intervenidos dando como resultado diferentes grados de alteración que va desde la presencia de basuras hasta la destrucción del ecosistema.

5.6 Literatura citada

- Cadavid, B.C., P. Bautista, J.M. Betancourt, L.E. Castro, C.A. Villamil, A.M. Orjuela, S. Rifaterra, L.V. Perdomo, E. Viloria, D. Mármol y M. Rueda. 2009. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta. 118 p.
- Cintrón-Molero, G. y Y. Schaeffer-Novelli. 1983. Introducción a la Ecología del manglar. ROSTLAC/UNESCO. Montevideo. 109 p.
- CORPOURABÁ (Corporación Para el Desarrollo Sostenible de Urabá). 2002. Zonificación y Ordenamiento de los Manglares del Golfo de Urabá, departamento de Antioquia.
- Day, J. y A. Yañez-Arancibia. 1982. Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach. OEA-Sría. Gral. Ciencia Interamericana (Mar. Sci.), 22 (1-2): 11-26.
- Field, C. 1997. La restauración de ecosistemas de manglar. Organización Internacional de Maderas tropicales- OIMT, Sociedad Internacional para los Ecosistemas de manglar.

ISME. Managua. 211 p.
Galeano – Galeano, E., J.E. Mancera y J. Medina. 2010. Efecto del Sustrato Sobre la

los Manglares de la Zona de Uso Sostenible de La Balsa y de la Zona de Recuperación de Tinajones – Departamento de Córdoba. CVS – CONIF. Documento técnico. Montería. 347 p. 365–372 pp

Ulloa-Delgado, G.A., H. Sánchez-Páez, W.O. Gil-Torres, J.C. Pino-Rengifo, H. Rodríguez-Cruz y R. Álvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. En: Ulloa-Delgado, G.A., H. Sánchez-Páez y R. Alvarez-León (Eds.). Proyecto PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia, MMA / ACOFORE / OIMT, Santafé de Bogotá D. C. (Colombia), 224 p.

Ureta, J., Garay, C., Zamora, A., Galvan-Guevara, S., De la Ossa, J. 2010. Ciénaga de la Caimanera: Manglares y Aves asociadas. Rev. Colombinas Cienc. Anim. 2 (2). 365-372 pp

Von Prael, H. 1989. Manglares. Villegas Editores. Bogotá Colombia. 207 p.

Sector	Características de Manglar	
Boca Grau-Punta Bolívar	Franja de manglar de 5 m constituido con <i>R. mangle</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>C. erectus</i> , con alturas máximas de 7 m.	
Golfo de Morrosquillo	Punta Bolívar-	Bosque monoespecífico de <i>R. mangle</i> , con latizales y fustales de 12 m y 35 cm de altura máxima y DAP máximo, respectivamente.
	Playa Blanca	Manglar de borde, heterogéneo, con dominio de <i>A. germinans</i> , seguida de <i>R. mangle</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>C. erectus</i> . En la parte posterior se encuentra fragmentados varios relictos de manglar, con presencia de <i>R. mangle</i> , <i>L. racemosa</i> y <i>C. erectus</i> .
	Puerto Cispatá - Amaya	Presencia de pequeños rodales de <i>R. mangle</i> en la orilla frente al mar hasta la estación Amaya de la CVS, y en la parte posterior abundante regeneración natural de <i>L. racemosa</i> , principalmente.

Sector		Características de Manglar
Antiguo delta del río Sinú	Sector litoral	Bosque maduro y heterogéneo, dominado por <i>R. mangle</i> sobre el borde del caño Salado, con alturas de hasta 25 m y DAP de 45 cm.
	Sector estuarino	Bosque alto con DAP pequeños a medianos, dominado por <i>R. mangle</i> en el interior; en zonas más estables <i>L. racemosa</i> y <i>A. germinans</i> , ésta última a veces forma bosques monoespecíficos.
	Salitral Sonia	Área reforestada con mangle en 2004, como parte del proceso de recuperación de salitrales iniciado por asociaciones de mangleros.
Antiguo delta del río Sinú	Sector río Sinú	Desarrollo de <i>R. mangle</i> de gran tamaño, a veces mezclados con vegetación de agua dulce como cativo. Las alturas pueden alcanzar 24 m y DAP de hasta 50 cm. Presencia de <i>Achrostichum aureum</i> .
	Sector piedemonte	Bosque maduro y poco denso, con alta salinidad debido al poco lavado de los suelos y a la interrupción de los flujos hídricos. Bosque dominado por <i>A. germinans</i> , con presencia de <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> en los bordes de los caños.
Actual delta del río Sinú	Sector Tinajones, Boca Mireya, Tinajones y Corea, sector de La Balsa, Caño La Balsa	Bosques heterogéneos de buena apariencia, maduros y en formación, dominados por <i>L. racemosa</i> y <i>R. mangle</i> .

Municipio	Cobertura (ha)		Total
	Bosque de manglar	Bosque de manglar y cultivos	
Guapi	5214	206	5420
López de Micay	4216	140	4356
Timbiquí	7478	1439	8917
Total	16908	1785	18693

6. Estado del conocimiento de los pastos marinos

Diana Isabel Gómez López



Figura 6.1. Medusa sobre una pradera de *Thalassia testudinum* en La Guajira.

6.1 Definición e importancia

Los pastos marinos conforman el único grupo representante de las angiospermas marinas que ha evolucionado de tierra firme al mar y su adaptación al medio marino. Se trata de unas 57 especies agrupadas en doce géneros y cuatro familias (Kuo y Hartog, 2001), más una especie, género y familia adicional (*Ruppia maritima*, *Ruppiaceae*) de hábitos eurihalinos que oscilan desde aguas dulces a marinas (Short *et al.*, 2001). Su clasificación es estrictamente ecológica y la mayor parte de las especies pertenece a las familias Hydrocharitaceae y Cymodoceaceae.

Aunque evidentemente hay diferencias que caracterizan a cada familia, género y especie, existe un esquema general común en cuanto a la apariencia vegetativa, el crecimiento y la morfología de los pastos marinos (Figura 6.2). Todas las especies tienen una construcción lineal expresada en un sistema radicular (rizomas y raíces) enterrado en el suelo y una estructura foliar (haces o vástagos y hojas) por encima del sustrato. Considerando las tres especies más comunes presentes en el Caribe colombiano: *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme*, éstas se semejan en que sus hojas son largas y aplanadas (*Thalassia* y *Halodule*) o cilíndricas (*Syringodium*), anchas (*Thalassia*) o delgadas (*Halodule* y *Syringodium*). Las especies de *Halophila* se distinguen de las otras en que su estructura foliar es más corta y las hojas son oblongas o lanceoladas. En todas las especies, la estructura foliar emerge verticalmente de estolones a intervalos regulares, de la misma manera que las herbáceas terrestres de la familia Poaceae; de los rizomas, que subyacen en la superficie del sustrato, surgen las raíces y raicillas que penetran en él.

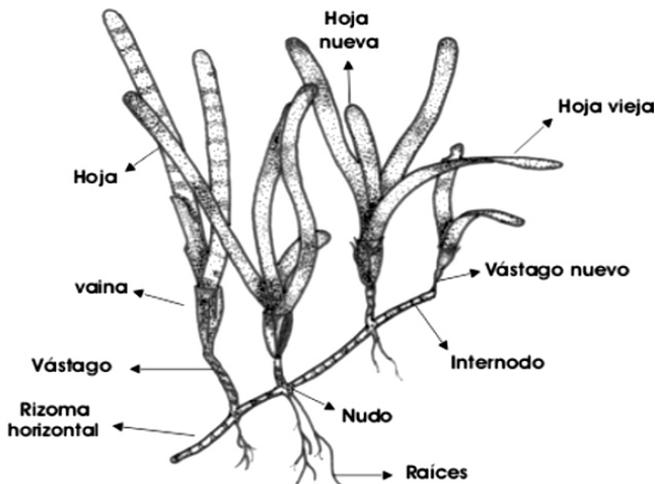


Figura 6.2. Esquema general de la morfología de los *Thalassia testudinum* (Tomado de Díaz *et al.*, 2003)

Las praderas de pastos marinos se cuentan entre las asociaciones vegetales marinas más productivas y de mayor tasa de crecimiento, rivalizando incluso con las cosechas agrícolas. Su productividad se debe no sólo al metabolismo propio de los pastos, sino también a otros productores primarios que suelen hacer parte de la comunidad biológica, específicamente las algas, que contribuyen a captar el nitrógeno y a suministrar nutrientes al medio (Díaz *et al.*, 2003).

Como ecosistema, cumplen un sinnúmero de funciones ecológicas entre las que se destacan la producción de fuentes directas e indirectas de alimento, el suministro de sustrato para la fijación de epífitos y su contribución en la recirculación de nutrientes y estabilización de sedimentos (Young y Young, 1982; Dawes, 1986). Además, actúan como refugio y sala cuna de vertebrados e invertebrados de importancia ecológica y comercial. Añadido a esto, las praderas sirven como un amortiguador de la energía proveniente de las olas y la marea, permitiendo la suspensión y estabilización de los sedimentos, creando ambientes de baja energía y protegiendo la línea de costa.

En el Gran Caribe existen nueve especies, de las cuales seis se encuentran representadas en el Caribe colombiano constituyendo uno de los ecosistemas más característicos e importantes de las zonas costeras, siendo consideradas como uno de los seis ecosistemas marino-costeros estratégicos, junto con los arrecifes de coral, los manglares, los litorales rocosos y los fondos sedimentarios (playas y ambientes de fondos blandos) y estuarios.

6.2 Distribución de los pastos marinos en el Caribe colombiano

La composición de las praderas de pastos marinos está dada principalmente por *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, y en menor proporción de *Halodule wrightii* y *Halophila decipiens*. Existen dos especies más que no son tan frecuentes y tampoco forman grandes praderas, siendo supeditadas a ciertas áreas con características particulares de salinidad y sustrato fino, como son: *Halophila baillonis* y *Ruppia maritima*.

Díaz *et al.*, (2003) registraron que la extensión de los pastos marinos en el Caribe colombiano es de alrededor de 43223 ha (Figura 6.3), distribuidos a lo largo de la costa continental y del archipiélago de San Andrés y Providencia (SAI), donde se registran sólo 2006 ha (4.6 %), restringidos alrededor de las dos islas y a pequeños rodales en los cayos Albuquerque y Bolívar.

Las otras 41218 ha (95.4 %) se distribuyen en aguas someras (0 a 14 m de profundidad), a lo largo de la costa continental y alrededor de las islas situadas a cierta distancia de la costa sobre la plataforma continental. En el departamento de La Guajira, las praderas ocupan 34674 ha, constituyendo el 80.3 % del total de praderas existentes en el Caribe colombiano; sin embargo, con la información obtenida en el 2005 por Gómez-López *et al.*, en la que se identificaron nuevas áreas con pastos marinos en la Alta Guajira, se calcula que estas áreas han sido subestimadas, incrementándose su proporción en al menos 2 %.

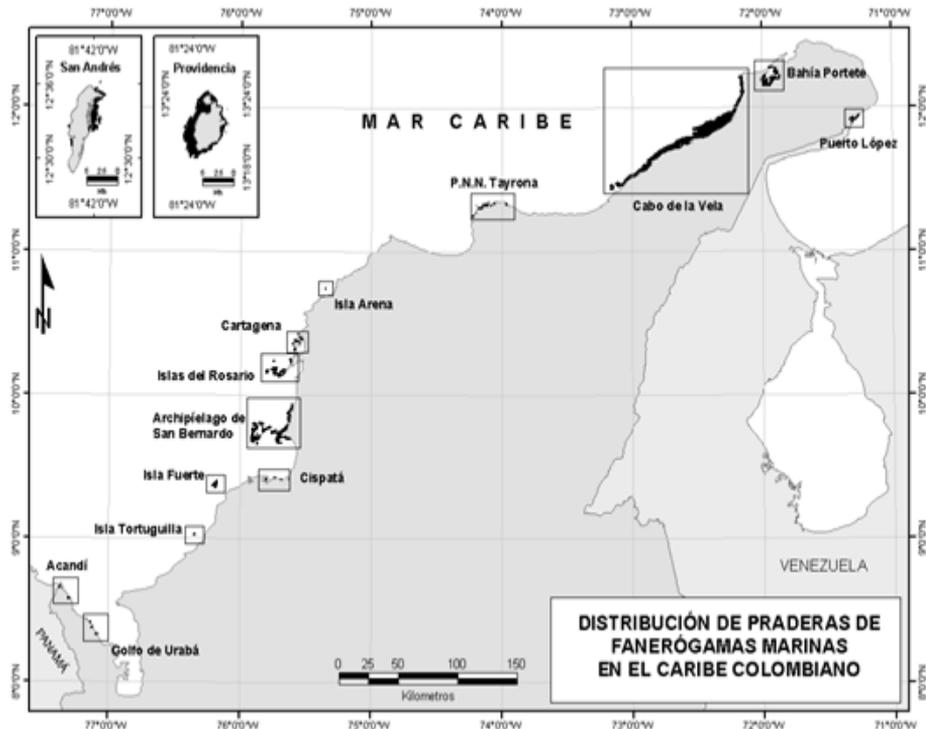


Figura 6.3. Áreas de praderas de fanerógamas marinas en el Caribe colombiano. (Tomado de: INVEMAR, 2002)

6.3 Estado actual

Como se aprecia en la Tabla 6.1, a través de los estudios relacionados anteriormente, se ha aportado al conocimiento de este ecosistema en aspectos de función (fisiología) y sobre el papel de la fauna asociada (macroalgas epífitas) y su relación con los nutrientes en San Andrés Isla. Teniendo en cuenta que es un ecosistema muy complejo, ya que la sinergia de las distintas presiones a los que se ve sometido por ser un ecosistema que recibe los impactos directos de las comunidades costeras, nos abre la puerta al reconocimiento de otros factores y asociaciones que pueden influenciar su funcionalidad actualmente reconocida y que a largo plazo nos pueden aportar respuestas más significativas en el proceso de la comprensión de su ecología para propender en su conservación y protección.

En la Tabla 6.II se relacionan nuevos estudios, a partir de los cuales se ha dado continuidad a la comprensión de este ecosistema en zonas costeras en las que en los últimos años no se habían realizado trabajos de ninguna índole sobre pastos marinos; además de la incorporación de actividades de monitoreo específicos en las islas del Rosario e Isla Mangle en el PNNRSB.

Tabla 6.I. Temáticas principales en las que se han agrupado los estudios sobre pastos marinos en Colombia registrados en el IEARMC (2000-2010), que corresponden a los años 1999 a 2010. Las X sobre algunas de las temáticas aquí expuestas indican que son temas secundarios tratados en algún otro documento, que ya fueron registrados bajo otra temática principal. Los cuadros en gris corresponden a información actualizada para este año.

Temáticas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Caracterización (qué, cómo y dónde)		1	1	1			1	1	1	X	2
Distribución (dónde y cuánto)		X		X			X			X	
Función (conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo, etc.)	1	2	2	2	3	2	1	1	2	1	1, X
Filogenia (relaciones genéticas)											
Taxonomía (identificación de especies) ¹				X						X	
Biología de organismos (ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología, etc.) ²		2	2	X							X
Conservación									2		
Rehabilitación/Restauración/Mitigación											
Impactos: Contaminación				X							
Explotación											
Cambio climático											
Pérdida/Extracción				1							

¹ En este caso se refiere a la determinación de las especies dominantes de pastos para cada uno de los sitios muestreados de acuerdo con Díaz *et al.*, 2003.

² Biología de organismos para este caso en especial se refiere principalmente a los estudios de fauna asociada al ecosistema.

Tabla 6.II. Ecorregiones naturales (INVEMAR, 2000) y departamentos en los que se han llevado a cabo estudios sobre pastos marinos en Colombia entre 1998 y 2010. Las X en las temáticas señaladas indican que se trata de un tema secundario de algún otro documento ya mencionado y numerado en la tabla.

Departamento	La Guajira		Magdalena			Atlántico y Bolívar	Sucre y Córdoba	Bolívar, Sucre y Córdoba	Córdoba y Sucre	Antioquia y Chocó	Chocó	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	
	GUA	PAL	TAY	MAG			MOR	ARCO	DAR			SAN	COC
Temáticas/Subecorregiones ²				Sal	CGSM	Gal			Arb	Atr	Cap		
Caracterización (qué, cómo y dónde)	2		2			1	2	1			1	5	
Distribución (dónde y cuánto)	2	1	1				X	X			X	X	
Función (conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo, etc.)	X		2					1, x				2 X	
Filogenia (relaciones genéticas)													
Taxonomía (identificación de especies)*	X		X			X	X	X			X	X	
Biología de organismos asociados (incluye ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología, etc.)	1 X		1			X	1	X			X	X, X	
Conservación	2		2			2	2	2			2	2	
Rehabilitación/Restauración/Mitigación													
Impactos													
Contaminación	X		X				X	X			X	1	
Explotación													
Cambio climático													
Pérdida/Extracción						1							

Ecorregiones¹: SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién, COC: Caribe Oceánico.

Subecorregiones²: Sal: Golfo de Salamanca, CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, Gal: Galerazamba, Arb: Arboletes, Atr: Atrato y Cap: Capurganá.

Por último, en la Tabla 6.III se presentan las instituciones que apoyaron desde el punto de vista financiero, talento humano y recursos técnicos, o ejecutaron directamente los estudios sobre este ecosistema en los últimos once años. La nueva inclusión corresponde a la Universidad de Córdoba con un trabajo final de grado.

Tabla 6.III. Instituciones que han apoyado las investigaciones realizadas sobre pastos marinos entre 1998 y 2010, de acuerdo a la filiación institucional de los autores que han reportado sus avances en el conocimiento de este ecosistema en el IEARMC 2010.

La Guajira	Magdalena	Atlántico y Bolívar	Bolívar, Sucre y Córdoba	Chocó	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR	INVEMAR
Corpoguajira	Unimag	UJTL	UJTL	INVEMAR UAESPNN TNC	Coralina
	UJTL	INVEMAR UAESPNN TNC	UAESPNN		UNAL
INVEMAR UAESPNN TNC	Unal		Unal U Córdoba		UAESPNN
	INVEMAR UAESPNN TNC		INVEMAR UAESPNN TNC		INVEMAR UAESPNN TNC
	UAESPNN		UDEA		U Javeriana

6.4 Contribuciones al conocimiento de los pastos marinos

Durante el año 2010 fueron reportadas por otras instituciones cuatro actividades relacionadas con los pastos marinos. Dos de ellas vale la pena resaltar y corresponden a la continuidad y trabajo conjunto de UAESPNN, la Universidad del Magdalena e INVEMAR al realizar la colecta de los datos en estaciones fijas de monitoreo de este ecosistema mediante el protocolo SEAGRASSNET (www.seagrassnet.org) en los parques nacionales naturales de Tayrona (bahía Chengue, Neguanje y Cinto) y Corales de Rosario y San Bernardo (Islas Rosario y Mangle), el cual al finalizar totalmente el muestreo correspondiente a la primera fase del mismo, podrá otorgar valiosas herramientas para los tomadores de decisiones en cuanto al manejo y conservación de este importante ecosistema estratégico costero colombiano.

Las otras dos corresponden a un trabajo final de pregrado de la Universidad de Córdoba, realizada en el Golfo de Morrosquillo, y a una tesis de maestría por parte de la Universidad Nacional sede Caribe en la isla de San Andrés. De éstas se presenta una breve descripción de resultados a continuación.

Si el lector desea acceder a más información sobre el estado de este ecosistema en Colombia en años previos, se sugiere consultar los IEARMC de 2005 a 2009, los cuales pueden consultar y bajar del sitio web del INVEMAR, desde el enlace Publicaciones/Publicaciones impresas/Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia.

6.4.1 Características estructurales y fisiológicas de las praderas de *Thalassia testudinum*

Margarita Rosa Albis Biol., MSc. Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe

Estudio realizado en cuatro estaciones de muestreo en la isla de San Andrés, caracterizadas como de alta y baja eutricación del ambiente por actividades antrópicas, principalmente. Fisiológicamente hablando se registra que las enzimas antioxidantes CAT y POD en las hojas de *Thalassia* desempeñando un papel muy importante en la salud de las praderas. La relación entre la producción primaria y algunos atributos estudiados confirman que las plantas están provistas de mecanismos suficientes para solventar los tensores ocasionados por los nutrientes. Los efectos indirectos de los nutrientes como la anoxia y aumento de epífitos, pueden llegar a ser mitigados eficientemente en las praderas someras, donde la disponibilidad de luz es suficiente para suplir los requerimientos energéticos ante estos tensores.

En cuanto a la riqueza y cobertura de las macroalgas epífitas, habitantes habituales de las hojas, no se encontró relación con la concentración de nutrientes en la columna de agua. Se identificaron 46 taxones, 54.3 % algas rojas, 28.3 % algas verdes, 8.7 % cianobacterias y 8.7 % algas pardas. Un 42.6 % de las especies identificadas son nuevos registros: catorce nuevos para la isla, ocho para el país y un nuevo registro para el Caribe. Se determinó, igualmente, que la identificación a nivel de especie, más que la riqueza y cobertura de macroalgas, brinda información importante acerca del estado de praderas de *T. testudinum* sometidas a contaminación orgánica inducida por actividades humanas. Esta herramienta permitió concluir que las entradas de nutrientes en dos de los sitios estudiados pueden estar afectando el ecosistema. Existen también otros componentes biológicos afectando la comunidad de macroalgas epífitas como las macroalgas bentónicas, otros pastos marinos y consumidores primarios y secundarios, por lo que su estudio ayudaría a comprender de manera más integral los procesos generados con la nitrificación o eutroficación del medio.

6.4.2 Caracterización estructural y funcional de las praderas de *Thalassia testudinum*, (Banks ex cöning, 1805) en los sectores litorales de punta Calao y punta Bello, Córdoba-Colombia

Elkin Lugo, Universidad de Córdoba

La caracterización estructural y funcional de las praderas de *Thalassia testudinum*, (Banks ex cöning, 1805) en los sectores litorales de punta Calao y punta Bello (Caribe Colombiano) fue estudiada entre septiembre/06 y enero/07. Se evaluaron variables de biomasa foliar, biomasa en pie, biomasa rizoidal, biomasa total, biomasa de epífitos, cobertura, densidad y área foliar. Dicha caracterización se evaluó

siguiendo la metodología propuesta por Wilkinson y Baker (1994). Se evaluaron las praderas, dividiendo cada sector en tres sub-áreas, divididas a la vez en tres estaciones específicas de 1 m² donde se hicieron conteos de vástagos y podas siguiendo un gradiente de profundidad; se tuvo presente información de zonas someras, medias y profundas, como datos relacionados con el componente edáfico y agentes tensores cercanos a las praderas. Su presencia se registro en sedimentos heterogéneos de origen biolitoclástico. Los datos puntuales acumulados por estación mostraron similitud entre sectores, siendo el sector de punta Bello el más productivo. Las diferencias en cuanto a productividad se tornan apenas significativas al ser analizadas bajo pruebas de análisis de varianzas y pruebas de medias, aplicando el programa Statgraphics-Plus. Se obtuvieron datos de coberturas mínimas (3.38 %) y una máxima de (43.5 %). Los promedios de las densidades fluctuaron entre los 811.8±206.672 (vástagos/m²) y 687.6±185.282 (vástagos/m²). La biomasa total no registro una variación significativa al ser contrastados ambos sectores.

6.5 Conclusiones

- El único monitoreo con una frecuencia permanente sobre este ecosistema había sido el realizado a través del Simac, con la metodología Caricomp, aumentando a 16 años de información de los pastos marinos de la bahía de Chengue, exclusivamente. Actualmente, se desarrolla el monitoreo con la metodología SeagrassNet, la cual se espera arroje resultados interesantes en la siguiente edición de IEARMC.
- En las áreas de San Andrés y el golfo de Morrosquillo se obtuvieron resultados a través de tesis de posgrado y pregrado, que aportan nueva y variada información al conocimiento de los pastos marinos de Colombia.
- Como ha sido en los últimos años, se hace un llamado para incrementar los estudios y capacitar a un mayor número de profesionales en el área de función ecosistémica, con el fin de obtener una mejor comprensión de éste y otorgarle una mejor protección en todas las áreas en las que se encuentre representado.

6.6 Recomendaciones

Se requieren investigaciones relacionadas con la función del ecosistema para monitorear su estado general, aspectos fisiológicos, conectividad, vulnerabilidad al cambio climático y dinámica de poblaciones, con el fin de ahondar en su conocimiento y así mismo, otorgar mejores herramientas científico-técnicas a los tomadores de decisiones y otros entes decisorios a todo nivel para su conservación y protección.

Por ser el departamento de La Guajira el que posee en su jurisdicción marino costera más del 82 % de los pastos marinos del país, se hace imprescindible que se realicen actividades de monitoreo y función de este ecosistema con el fin de tener un mejor conocimiento de éste con el apoyo de Corpoguajira, entidades académicas, ONG y la comunidad en general.

Si el lector conoce de otros estudios realizados sobre este ecosistema y su fauna asociada, que no hayan sido incluidos en esta recopilación (ver documento completo IEARMC 2008 (INVEMAR, 2009) favor enviar un mail a digomez@invemar.org.co con la información propuesta, a fin de actualizarla e incluirla en informes posteriores.

6.7 Literatura citada

- Albis, Margarita R. 2010. Características estructurales y fisiológicas de las praderas de *Thalassia testudinum*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia (CECIMAR), INVEMAR. San Andrés Isla. 128 Pags
- Dawes, C. 1986. Botánica marina. Editorial Limusa. México. 563p.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, D.I. Gómez-López (Eds). 2003. Praderas de pastos marinos en Colombia: Estructura y distribución de un ecosistema estratégico. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 10. Santa Marta, 160 p.
- Gómez-López, D.I, A. Rodríguez-Ramírez y A. Jáuregui. 2005. Estado de las praderas de pastos marinos en Colombia: 111-123. En: Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2004. INVEMAR, Santa Marta, Serie de Publicaciones Periódicas No. 8: 213p.
- INVEMAR, 2009. Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia Año 2008. Serie de publicaciones periódicas No. 8. 380 páginas.
- Kuo, J. y C. den Hartog. 2001. Seagrass taxonomy and identification key. Cap. 2 (pp.31-58) en F.T. Short y R.G. Coles (Eds.): Global Seagrass Research Methods. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Lugo- Romero, Elkin, G. A Jáuregui y Jorge A. Quiros. 2007, Revista de la asociación colombiana de ciencias biológicas ACCB, p'75-76
- Short, F.T., R.G. Coles y C. Pergent-Martini. 2001. Global seagrass distribution. p. 5-30. En: Short, F. y R. Coles (Eds.). Global Seagrass Research Methods. Elsevier, Amsterdam. 473 p
- Young, D. y M. Young. 1982. Macrobenthic invertebrates in bare sand and seagrass (*Thalassia testudinum*) at Carrie Bow Cay, Belize. En : Rutzler, K. e I. E. MacIntyre (Ed.). The Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize. I. Structure and communities. Smithsonian Contribution for Marine Science. 12: 115-126.

7. Estado de conocimiento litorales rocosos

Christian Michael Díaz Sánchez y Angélica María Batista-Morales



Figura 7.1. Distintos ambientes dominados por litorales rocosos en el Caribe colombiano. (Fotografías: Johanna Vega, funcionarios PNNCRSB, Christian Díaz y Archivo Simac-INVEMAR).

7.1 Definición, clasificación e importancia

A lo largo del litoral costero e insular se hallan diferentes tipos de ambientes generados a partir de la interacción de procesos geológicos y oceanográficos. Entre los que se caracterizan por tener un sustrato duro se encuentran los acantilados, donde las olas golpean con fuerza, y las lagunas costeras con bordes rocosos protegidos del embate del mar. El ecosistema intermareal rocoso puede localizarse en cualquiera de estos ambientes entre la transición mar y tierra, dispuesto en forma de franjas horizontales y verticales de

diferente origen geológico, cubiertos o expuestos por los cambios de las mareas, donde se hospedan comunidades biológicas de importantes grupos de flora y fauna (Rigby *et al.*, 2007; Little *et al.*, 2009). Por ejemplo, algunos grupos de algas marinas son muy frecuentes en diferentes épocas del año, los cuales favorecen el incremento de gran variedad de invertebrados y peces (Sibaja-Cordero y Cortés, 2010). En algunas áreas se forman temporalmente pozos intermareales de aguas acumuladas por retroceso del mar, enriqueciendo las comunidades biológicas que habitan este ecosistema (Castellanos-Galindo *et al.*, 2010). De igual forma, son característicos los frecuentes cambios climáticos, oceanográficos y geológicos, así como prolongados períodos de desecación, fuertes cambios de salinidad, temperatura, luz y oxígeno (Díaz-Pulido, 1997; Little *et al.*, 2009).

Debido a las características geológicas y biológicas, así como por el efecto que ejercen los factores físicos que moldean las costas, son diversos los aspectos que presenta el ecosistema intermareal rocoso. En Colombia se han realizado numerosos estudios de carácter biológico y ecológico sobre este ecosistema, que incluyen descripciones sobre sus aspectos geomorfológicos y zonación espacial (Díaz-Pulido, 1997). Estas aproximaciones biológicas y geofísicas permiten diferenciarlos en tipos, sin que esto constituya una clasificación como tal, desde la perspectiva ecosistémica. Los sistemas de clasificación ecológica implican la integración de las características funcionales y estructurales así como de sus cualidades, permitiendo su categorización mediante un valor o estado, lo cual constituye un paso definitivo para el análisis del territorio y la toma de decisiones de índole ambiental y de uso (Madden *et al.*, 2008).

En concordancia con ello, este ecosistema ha sido señalado en diferentes sistemas de clasificación según el contexto. Díaz *et al.* (2000) incluyen al litoral rocoso como unidad ecológica dentro del esquema de clasificación geomorfológica, enfocado en la descripción y localización de las formaciones coralinas del país; dentro de dicho sistema el litoral rocoso fue definido con un bajo nivel de detalle. Desde el contexto normativo, este ecosistema es listado en el sistema de clasificación de la convención sobre los Humedales-RAMSAR, dentro de la cual un tipo de humedal son los sistemas marinos hasta los 6 m de profundidad, incluyendo entre estos a las costas rocosas (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004). López-Victoria *et al.* (2004), equipo que diseñó el Plan de Manejo del PNNCRSB (UAESPNN, 2006) y Osorno-Arango (2008), mediante revisiones de conceptos compilaron las diferentes aproximaciones a la clasificación del ecosistema de litoral rocoso, encontrando que según el grado de desarrollo de las comunidades biológicas (consolidadas y poco consolidadas), y la inclinación y pendiente respecto a la línea costera (acantilados, terrazas, playa rocosa de bloques, playa de cantos y gravas rodados), es posible describir la distribución del ecosistema. Recientemente, desde el contexto físico-biótico del litoral Caribe Dimar-CIOH (2009) presentó las unidades geomorfológicas asociadas a costas altas (sectores que por estar asociados a zonas de colinas o de montañas

forman acantilados de más de 15 m de altura), y las unidades geomorfológicas asociadas a costas bajas (paisajes costeros horizontales o ligeramente inclinados, originados por procesos de sedimentación y erosión actualmente con acción marina).

Por otra parte, el ecosistema intermareal rocoso puede considerarse como un reservorio de biodiversidad, ya que en éste se identifican 'zonas o franjas de biodiversidad' conocidas como supralitoral, mesolitoral e infralitoral, según las características bióticas y abióticas del área intermareal (Stephenson y Stephenson, 1949; Ellis, 2003). Este patrón de zonificación biológico, enmarcado por los niveles de las mareas, es empleado en los ámbitos nacional e internacional desde hace años (Brattström, 1980; Rigby *et al.*, 2007) como la principal herramienta para conocer el ecosistema costero rocoso.

Acorde con los argumentos descritos, la importancia de los intermareales rocosos se puede dimensionar desde el punto de vista socio-económico ya que contienen fuentes de alimento, bienes y servicios para poblaciones humanas que habitan en sus cercanías; desde el argumento estético recreacional por ofrecer un atractivo como paisaje o destino turístico, y desde el contexto científico, pues reconoce los complejos y frágiles niveles de interrelación naturaleza-ambiente-humanos, al tiempo que son ambientes de 'fácil' acceso para su estudio. Por todo lo anterior el litoral rocoso es considerado como uno de los ecosistemas estratégicos del país (Márquez, 1996).

Sin embargo, pese a la existencia de sistemas de clasificación que permiten integrar las características del ecosistema con los portafolios ambientales de servicios y planes de manejo, la línea base de este ecosistema está dispersa y en algunos casos desactualizada o se encuentra a manera de información secundaria (Batista-Morales y Díaz-Sánchez, 2010), haciendo que las políticas de manejo integrado de zonas costeras y el marco legal normativo sea muy amplio en cuanto al desarrollo territorial proyectado para el ecosistema intermareal rocoso, lo cual en algunos casos no responde a las necesidades locales o regionales.

7.2 Distribución de litorales rocosos en Colombia

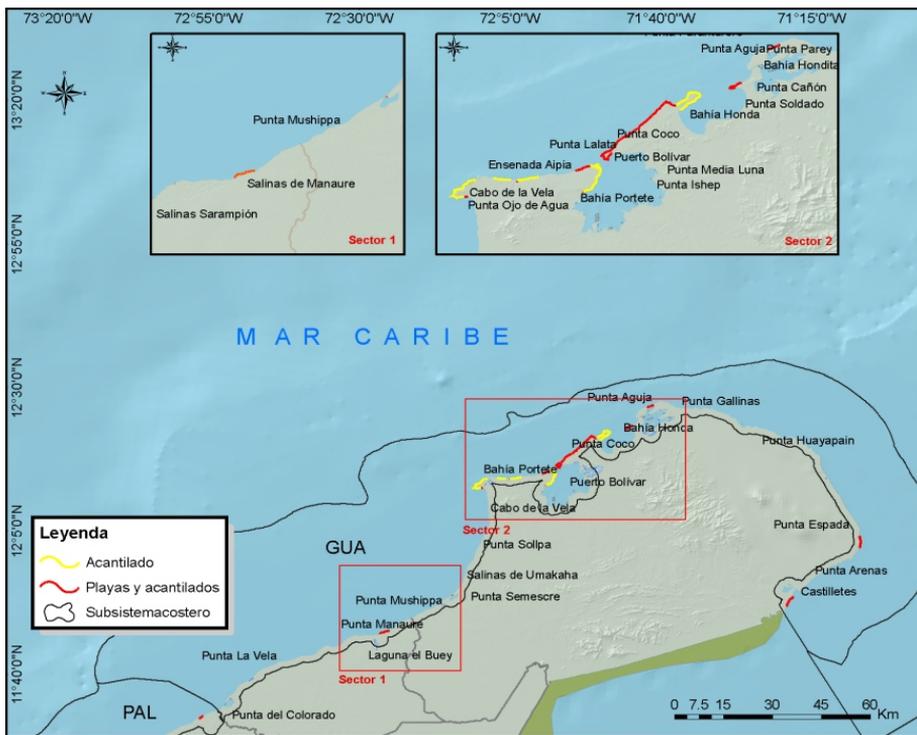
Colombia es el único país suramericano con litorales rocosos en las costas de los océanos Pacífico y Atlántico, cuya extensión se estima en unos 1094.90 km de diferente origen geológico²; dispuestos en una línea discontinua en las costas continentales y algunos sistemas insulares, generalmente interrumpidos por playas y otros depósitos arenosos, lagunas costeras, costas pantanosas y sistemas deltáicos o estuarinos.

² Valor aproximado entre lo registrado por Posada-Posada y Henao-Pineda (2007), Posada-Posada *et al.*, (2009) y por Blanca Posada (com pers).

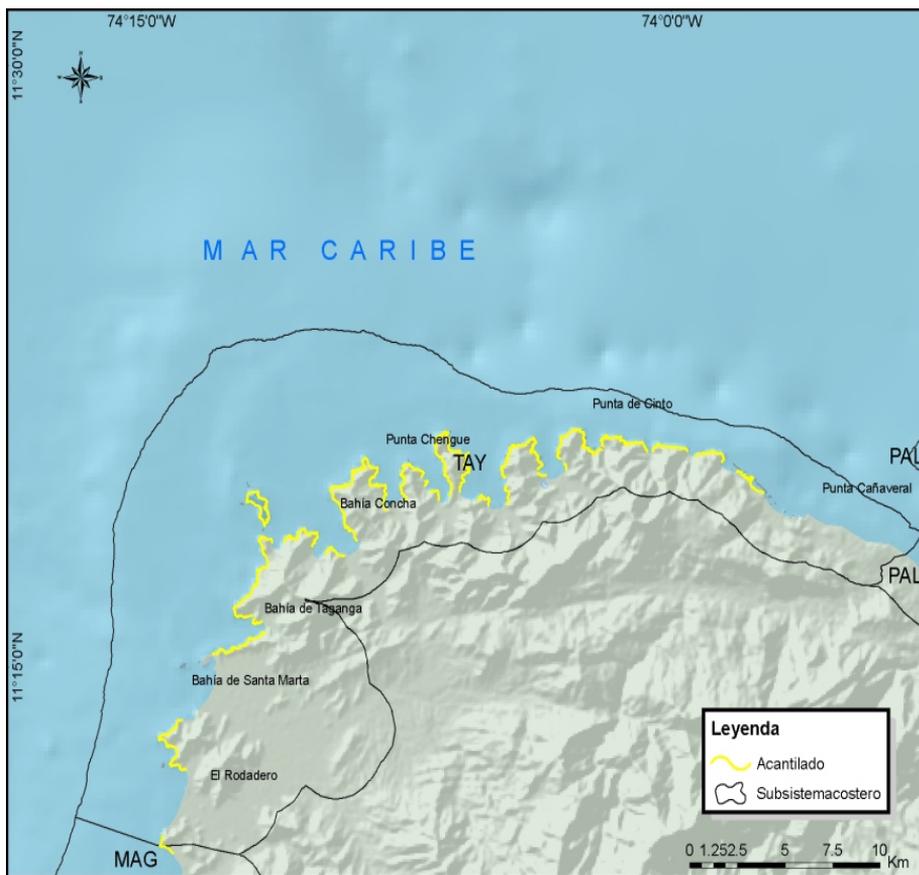
La extensión lineal de las áreas con litoral rocoso en el Caribe colombiano se estima en 630 km, representados principalmente en los departamentos de Bolívar, La Guajira, Magdalena, Córdoba, Antioquia y Chocó. Mientras que para el Pacífico colombiano se estima en 450 km, de los cuales Chocó presenta la mayor extensión, seguido por departamentos como Valle del Cauca y Nariño (Batista-Morales y Díaz-Sánchez, 2010).

De igual forma la extensión lineal del ecosistema en áreas insulares como San Andrés, Providencia, Santa Catalina, isla Múcura, isla Tintipan, Malpelo y Gorgona se estima en 33 km. Se debe tener en cuenta que las extensiones totales aquí reportadas, son calculadas y aproximadas mediante diferentes métodos y escalas de resolución, empleando para ello fotointerpretación, referencias bibliográficas y mediciones en campo, entre otras. De esta manera se evidencia la necesidad de complementar y, en algunos casos, determinar las extensiones exactas para las diferentes localidades donde se presenta el ecosistema.

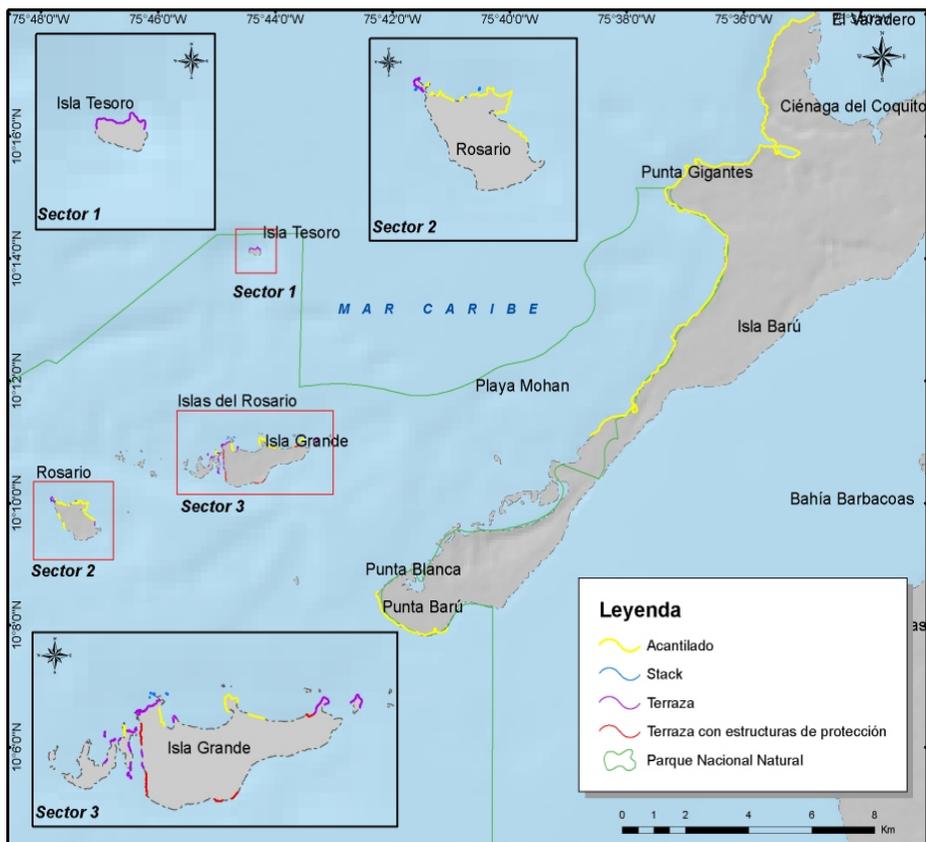
a



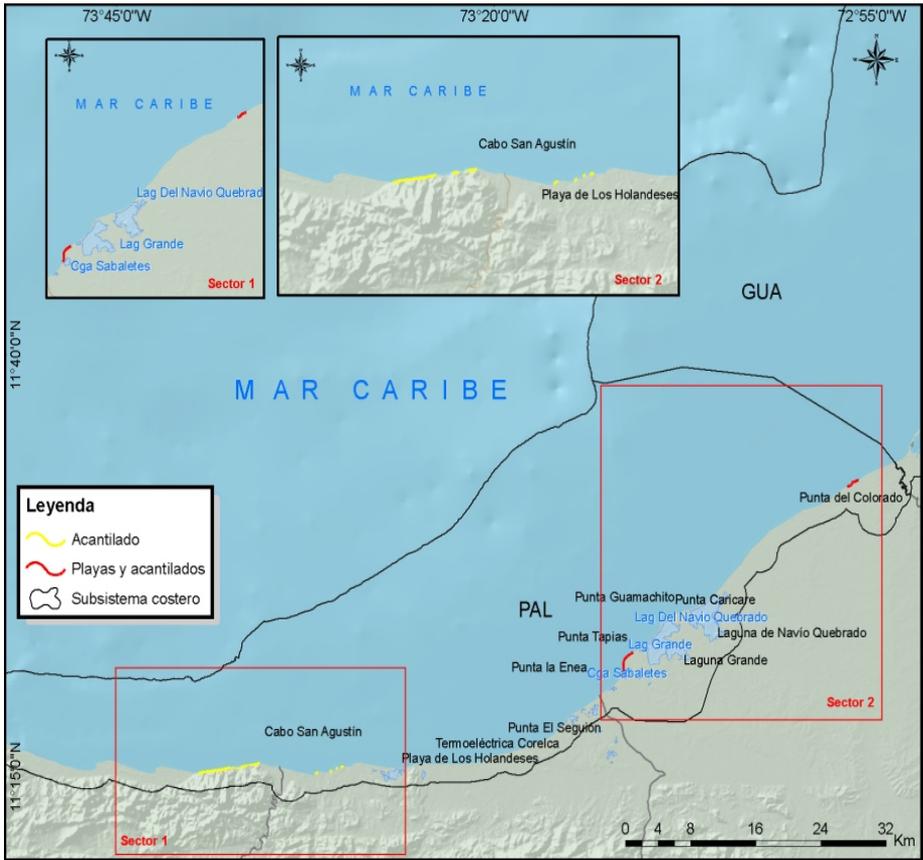
b



C



d



e

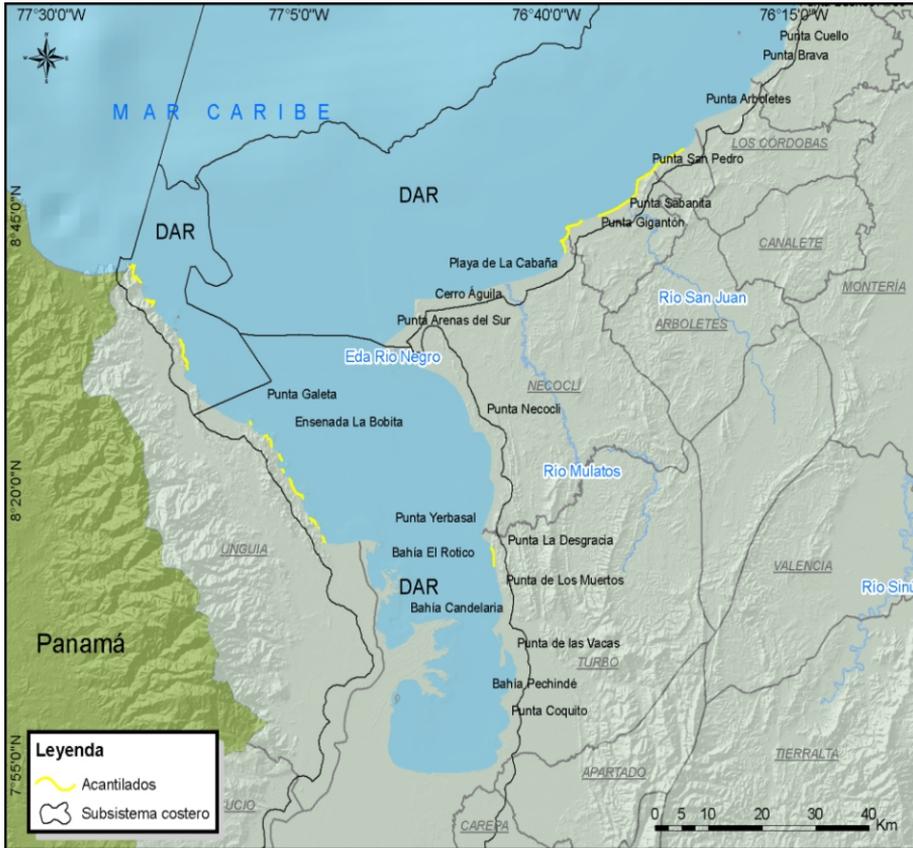
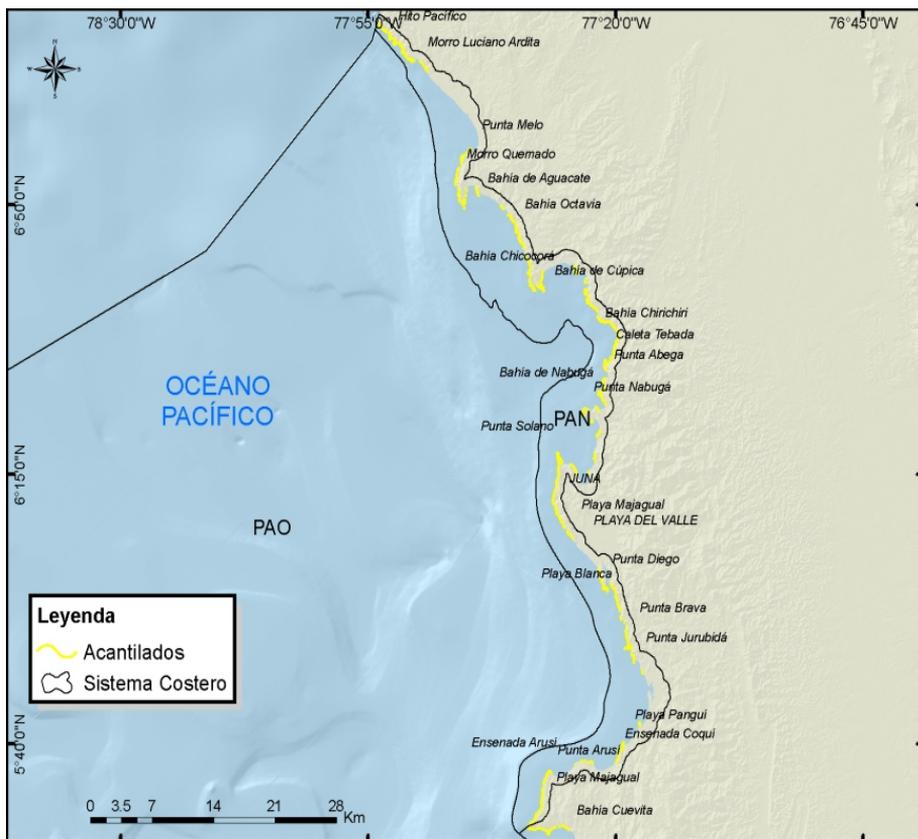


Figura 7.2. Distribución de litoral y acantilado rocoso en las principales localidades del Caribe colombiano. **a.** La Guajira y Palomino; **b.** Tayrona; **c.** Archipiélagos coralinos del Rosario y Barú; **d.** Palomino; **e.** Darién. (Mapas elaborados por LabSIS del INVEMAR).

Con el propósito de profundizar sobre el conocimiento de la distribución del litoral y acantilado rocoso, en las figuras 7.2 y 7.3 se ilustran en detalle las principales ecorregiones y localidades del Caribe y Pacífico colombianos donde se encuentra este ecosistema, siguiendo el contexto de la información presentada por Batista-Morales y Díaz-Sánchez, (2010).

a



b

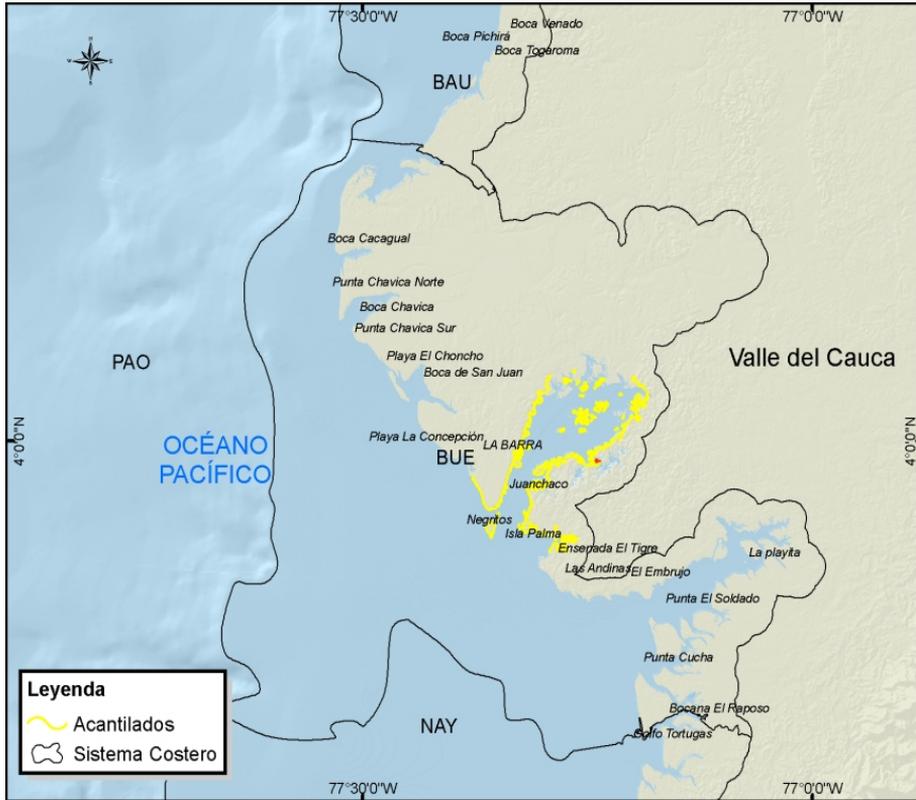


Figura 7.3. Distribución de litoral y acantilado rocoso en las principales localidades del Pacífico colombiano. a. Ecorregión PAN (Pacífico Norte). b. Ecorregión BUE (Buenaventura). (Mapas elaborados por LabSIS del INVEMAR).

7.3 Estado actual del conocimiento

Los litorales rocosos, intermareales y acantilados del Pacífico y Caribe colombianos son estudiados en menor medida que los arrecifes de coral y manglares. Desde 1949 hasta la fecha, se conocen en total 153 estudios o referencias bibliográficas distribuidas en publicaciones científicas, libros, documentos técnicos y académicos con información relacionada (Figura 7.4).

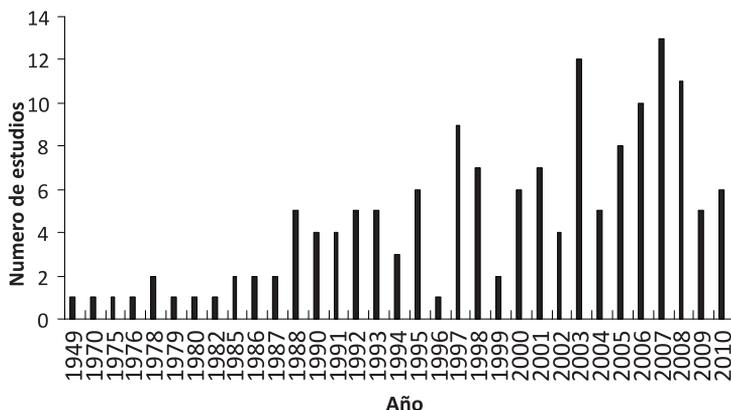


Figura 7.4. Número de estudios anuales con información sobre diferentes temáticas que tratan el litoral rocoso de Colombia, n=153.

En la última década 2000-2010 se incrementó el interés en temáticas en torno a los litorales rocosos y zonas intermareales, ya que este período de tiempo contiene 87 referencias es decir 61 % del total. Es de resaltar que para el 2010 aumentó el número de referencias que se relacionan con dicho ecosistema; sin embargo, solamente cuatro estudios lo tratan de manera específica (Tabla 7.I).

El equipo que elabora el IEARMC identificó doce temáticas que abarcan los estudios marino-costeros realizados en el país. Agrupadas en dicho número de temáticas las 153 referencias recopiladas que guardan relación con los litorales rocosos se dividen principalmente en Taxonomía, Sistemática y Función. Las dos primeras permiten identificar los principales niveles de biodiversidad, mientras la última considera la conectividad de poblaciones, los flujos de energía y diferentes procesos naturales. También resalta la temática de Caracterización, que define cuáles, cómo y dónde se encuentran las unidades biológicas asociadas a litorales rocosos e intermareales, así como las amenazas naturales en el contexto del cambio climático global.

En el país, los estudios sobre los litorales rocosos muestran un mínimo aumento de su conocimiento año tras año. Para el Pacífico y el Caribe colombianos se realizan importantes investigaciones por parte de algunas universidades, CAR y entes del SINA, junto con UAESPNN; sin embargo, algunas localidades han sido estudiadas con mayor esfuerzo, especialmente en el Pacífico.

Tabla 7.I. Nuevas referencias bibliográficas publicadas en 2010, con información relacionada con el ecosistema de litoral rocoso para Colombia

Estudio	Autor y fuente
<i>Tidal influences on fish distributions on tropical Eastern Pacific rocky shores</i> (Colombia).	Castellanos-Galindo, G.A., U. Kumme, y T.J. Willis. Marine Ecology Progress Series 416:241-254
Estructura de las comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de Córdoba, Colombia.	Quirós-Rodríguez, J.A., Arias Ríos, J, y Ruiz Vega R. Caldasia 32(2):339-354
Dinámica espacial de crustáceos decápodos asociados a céspedes algales en el departamento de Córdoba, Caribe colombiano.	Quirós-Rodríguez, J.A., y Campos N.H. Acta biológica colombiana 15(3)
<i>Patterns of Spatial Variation of Assemblages Associated with Intertidal Rocky Shores: A Global Perspective.</i>	Cruz-Motta, J.J., P. Miloslavich., G. Palomo., G. Iken., B. Konar, <i>et al.</i> PloS ONE 5(12):E14354.
Caracterización físico-biótica del litoral Caribe colombiano tomo I y II.	Dimar-CIOH. 2009 Serie de Publicaciones Especiales CIOH. Vol 1. 154 p; Vol 2. 100 pp.

En las tablas 7.II y 7.III se identifican los departamentos y ecorregiones naturales del Caribe y Pacífico colombianos donde se han realizado estudios que consideran los litorales rocosos, respectivamente. En general se observa que para el Pacífico y el Caribe los estudios son numerosos, aunque la escala geográfica que cubren es muy amplia y detallan superficialmente las particularidades del ecosistema. Igualmente ocurre con los estudios que comprenden los dos océanos del país; sin embargo, ecorregiones como Buenaventura-BUE y Gorgona-GOR (Pacífico), junto con Tayrona-TAY, el Archipiélago de San Andrés-SAN y el departamento de Córdoba (Caribe) registran el mayor número de estudios.

Las investigaciones en temáticas como bioprospección y uso sostenible de los recursos, biología de organismos y sus ciclos de vida, alimentación, reproducción y etología avanzan lentamente, pero con importantes resultados. Los estudios sobre rehabilitación, restauración y mitigación en zonas afectadas dentro del ecosistema rocoso y que requieran medidas especiales de ordenamiento territorial están escasamente adelantados. Igualmente, los estudios de explotación y perturbación antrópica en áreas con litorales rocosos no se documentan desde hace años. Esto puede deberse a que dicho tipos de estudios requieren de una presencia frecuente, recursos y tecnologías que se han aplicado, pero sin una articulación interinstitucional; por lo cual es pertinente impulsar alianzas estratégicas que permitan hacer efectivas y sostenibles las actividades de monitoreo y control para el ecosistema.

Es probable que varios trabajos de investigación hayan quedado excluidos de este capítulo, debido a que la información que consigna el IEARMC acerca del litoral rocoso depende en gran medida de la disponibilidad de los investigadores y de las entidades para informar acerca de los avances de sus estudios, por lo cual es imperativo estimular la transferencia de ciencia, tecnología e innovación dentro y entre los diferentes sectores ambientales del país.

El país realiza muy pocas investigaciones para evaluar el impacto de las actividades humanas en el ecosistema de litoral rocoso; aun así se reconoce que las actividades antrópicas como el apisonamiento, la extracción de arenas y piedras, la construcción de obras en las zonas intermareales, y el crecimiento urbano y turístico en zonas de acantilados, generan un incremento en la tasa de erosión en los litorales (Osorno-Arango, 2008). Esto se ha observado en sectores de Isla Fuerte e Islas del Rosario (Huertas, 2000) y en el sector de Los Morros en Cartagena (Posada-Posada y Henao-Pineda, 2007), donde ha sido muy común la extracción de rocas para diversos fines. En el Pacífico, los litorales que presentan un mayor número de amenazas son en orden descendente Nariño (Tumaco), Buenaventura, Chocó y Bahía Málaga, mientras que para el Caribe se tiene a Santa Marta, Cartagena (Tierrabomba) y San Andrés (Osorno-Arango, 2008).

El estado ambiental del ecosistema en el país requiere ser establecido interdisciplinariamente, ya que el panorama no es alentador, debido a la afectación antrópica generada por la cercanía de centros urbanos y turísticos, donde la disposición de basuras y desechos orgánicos, derrames de hidrocarburos y vertimiento de aguas servidas es frecuente (Franco *et al.*, 1992); lo cual impacta en la calidad paisajística, redundando en el deterioro de los hábitats que usan los organismos que generan ingresos a los pescadores de subsistencia, quienes son los primeros beneficiarios (Garay *et al.*, 2002; Lizarazo y López, 2007).

Tabla 7.II. Temáticas que abarcan los estudios marinos y costeros en las que se han agrupado las referencias bibliográficas sobre litorales rocosos, siguiendo las ecorregiones del Caribe colombiano (INVEMAR, 2000). Las casillas en gris oscuro indican registros del 2010.

Departamentos	La Guajira		Magdalena		Atlántico	Bolívar	Sucre	Córdoba	Sucre	Córdoba	Antioquia	Chocó	Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Caribe en general
	GUA	PAL	TAY	MAG	ARCO	MOR	DAR			SAN				
Temáticas				CGSM	Sal	Gal			Arb	Atr	Cap			
Caracterización (qué, cómo y dónde)			3			1	1			1	1			3
Distribución (dónde y cuánto)	1	1	1					1						5



Departamentos	La Guajira		Magdalena		Atlántico	Bolívar	Sucre	Córdoba	Sucre	Córdoba	Antioquia	Chocó	Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Caribe en general
	GUA	PAL	TAY	MAG	ARCO	MOR	DAR			SAN				
Temáticas	Subcorregión ²		CGSM	Sal	Gal		Arb	Atr	Cap					
energía, indicadores, ecología, monitoreo)	1		10		1	3		1	1	1	1	4	2	
Taxonomía y sistemática (identificación de especies)	1		9				2	1		2	2	3	3	
Biología de organismos (ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología etc.)					2									
Conservación y manejo	2					2							1	
Rehabilitación/ Restauración/Mitigación														
Bioprospección			1								1			
Amenazas naturales								1	1		1			
Explotación, perturbación antrópica													2	
Cambio climático/ fenómenos ambientales			1				1	1			1		2	
Estudios de impacto ambiental													1	

Ecorregiones¹: SAN: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, GUA: Guajira, PAL: Palomino, MAG: Magdalena, TAY: Tayrona, ARCO: Archipiélagos Coralinos, MOR: Morrosquillo, DAR: Darién.

Subecorregiones²: Sal: Golfo de Salamanca, CGSM: Ciénaga Grande de Santa Marta, Gal: Galerazamba, Arb: Arboletes, Atr: Atrato y Cap: Capurganá.

Tabla 7.III. Temáticas que abarcan los estudios marinos y costeros en las que se han agrupado las referencias bibliográficas sobre litorales rocosos, siguiendo las ecorregiones del Pacífico colombiano (INVEMAR, 2000). Las casillas en gris oscuro indican registro del 2010.

Departamentos	Pacífico										Caribe y Pacífico
	Chocó		Valle del Cauca		Cauca		Nariño		Pacífico en general		
Temáticas	PAN	BAU	BUE	NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM	PAO		
Caracterización (qué, cómo y dónde)				2	1	1		1		10	
Distribución (dónde y cuánto)	1	1	3		1	1	1	1		3	1
Función (conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo)	1		8		3	1				5	
Taxonomía y sistemática (identificación de especies)	1		12		4	1				7	2



Departamentos	Pacífico										Pacífico en general	Caribe y Pacífico
	Chocó		Valle del Cauca		Cauca		Nariño					
Temáticas	PAN	BAU	BUE	NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM	PAO			
Biología de organismos (ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología)												
Conservación y manejo						1					2	4
Rehabilitación/Restauración/Mitigación			1									
Bioprospección											1	
Amenazas naturales			5	2	1		1	1			6	
Explotación, perturbación antrópica			1									1
Cambio climático/ fenómenos ambientales												
Estudios de impacto ambiental												

7.4 Estado actual del conocimiento sobre la biodiversidad

El país reconoce que la biodiversidad puede ser usada como una medida de la salud de los ecosistemas, debido a que la pérdida de formas de vida tiene graves consecuencias para la humanidad especialmente por las señales de cambio climático. Por esta razón y siguiendo la iniciativa que creó la línea base para cuantificar la biodiversidad marino-costera global, el Censo de la Vida Marina (CoML, por sus siglas en inglés), en Colombia se implementó el protocolo *Natural Geograpy in Shore Areas* (NaGISA) durante el 2009 (Batista-Morales y Díaz-Sánchez, 2010).

Este protocolo estandarizó la información mundial sobre diversidad biológica de litorales rocosos para trece regiones, encontrando mediante varios análisis que el Mar Caribe presenta alta riqueza de taxones, con predominio de algas y que la composición de grupos de flora y fauna es diferente al comparar entre diferentes áreas del Caribe (Cruz-Motta *et al.*, 2010). Esto quiere decir que el litoral rocoso del país, por lo menos para la costa Caribe, se encuentra en una región caracterizada por su alta biodiversidad, al tiempo que justifica la participación de Colombia, con información tanto del Pacífico como del Caribe, en las iniciativas de información biológica que buscan establecer la riqueza de especies en el contexto de la actualidad mundial.

En la actualidad, la composición y riqueza de especies que se encuentran en el litoral intermareal rocoso son empleadas como indicadores de la calidad ecológica del ecosistema, en especial con un adecuado conocimiento de las macroalgas (Wells *et al.*,

2007). La Tabla 7.IV enseña un resumen del estado del conocimiento de algunos grupos de biodiversidad reportados en localidades o ecorregiones con litoral rocoso en Colombia, con énfasis en aquellos estudios sobre zonificación biológica (Brattström, 1980; Núñez *et al.*, 1999; Castellanos-Galindo *et al.*, 2005; Neira y Cantera, 2005; Osorno-Arango *et al.*, 2009; Quiroz y Campos, 2010; Quiroz-Rodríguez *et al.*, 2010, entre otros).

Tabla 7.IV. Resumen del estado del conocimiento de algunos grupos biológicos que habitan en el litoral rocoso de Colombia. En columnas las ecorregiones descritas en Invermar (2000). En filas los grupos biológicos ALG-macroalgas; INV-invertebrados como esponjas, platelmintos, tunicados y poliquetos; COR-Corales duros y blandos; CRU-crustáceos; MOL-moluscos; EQU-equinodermos; VER-Vertebrados peces y aves. Se indican vacíos (?) y avances (✓) en el conocimiento de la riqueza de especies.

	GUA	TAY - MAG	ARCO	MOR- DAR	SAN	GOR	MAL	PAN	BAU- BUE	SAQ- TUM
ALG	?	?	✓	✓	✓	?	✓	?	?	?
INV	✓	✓	✓	?	✓	?	?	✓	✓	?
COR	?	✓	✓	?	✓	✓	✓	?	?	?
CRU	?	✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	?
MOL	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	✓	?	?
EQU	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	?
VER	?	✓	?	?	✓	✓	✓	✓	?	?

Es importante resaltar los profundos vacíos de información y la necesidad de continuar estudiando la biodiversidad de este ecosistema, principalmente al norte y sur del Caribe, así como al centro y sur del Pacífico colombiano, con el propósito de fortalecer la inclusión de elementos de calidad biológica (especies y grupos de taxas) dentro de los sistemas de clasificación para el ecosistema en Colombia, lo cual apoya la toma de decisiones en cuanto a los objetivos de conservación y manejo locales.

La calidad ecológica del ecosistema litoral rocoso esta relacionada con la calidad de las aguas marinas y costeras, en este sentido Batista-Morales y Díaz-Sánchez (2010) encontraron la presencia de contaminantes que han prevalecido durante un período de ocho años, en un gran porcentaje de estaciones de monitoreo de la RedCAM en cercanías de litorales rocosos. Las variaciones en la magnitud de los contaminantes van desde valores mínimos a altos, dependiendo su cercanía a zonas pobladas, portuarias o de descargas de ríos, lo cual implica la necesidad a corto plazo de verificar la afectación de la biota asociada en relación a las fuentes de descargas.

7.5 Conclusiones

- Se estima que Colombia posee aproximadamente unos 1094.90 km de litorales rocosos de diferente origen geológico, dispuestos en una línea discontinua en las costas continentales y los sistemas insulares. Sin embargo, la distribución de este ecosistema estratégico requiere un mayor nivel de investigaciones para aumentar el nivel de resolución y detalle sobre su distribución.
- Es necesario continuar con los esfuerzos para adelantar proyectos y vincular profesionales que trabajen sobre los litorales rocosos en el país, con el propósito de generar medidas puntuales de conservación y manejo para los recursos naturales del ecosistema; teniendo en cuenta que año tras año, los avances dentro de las diferentes temáticas consideradas son muy bajos o incluso nulas, y que los problemas ambientales más frecuentes que enfrentan los litorales rocosos se relacionan con la erosión, contaminación, destrucción del hábitat por extracción o destrucción de rocas, construcción de infraestructuras sobre estos, sobreexplotación de recursos, disposición de basuras y vertimientos de aguas servidas, lo cual genera cambios en las poblaciones biológicas, menor ingreso a los pescadores y deterioro paisajístico.
- Para el ecosistema estratégico de litoral rocoso se conocen 153 publicaciones con información presentada en diferentes temáticas. Es imperativo seguir estimulando las investigaciones, debido a que entre el 2000 y 2010 se realizó el 61% del total de publicaciones recopiladas, evidenciando que la última década dejó importantes avances para ser aprovechados a futuros.
- Existen profundos vacíos de información sobre riqueza de especies y la necesidad de continuar estudiando la biodiversidad del ecosistema, principalmente al norte y sur del Caribe colombiano, así como al centro y sur del Pacífico colombiano.
- No se ha realizado la formulación de los indicadores de estado para el ecosistema de litoral rocoso en Colombia, como lo propone Osorno-Arango (2008), teniendo en cuenta que éste también es un ecosistema marino-costero estratégico que alberga gran cantidad y diversidad de fauna y flora de importancia comercial y ecológica.

Si el lector conoce de otros estudios que se hayan realizado y que no hayan sido incluidos en esta recopilación (ver literatura citada), por favor, enviar un mail a christian.diaz@invemar.org.co con la información propuesta, para incluirla en el IEARMC 2011, para fines de gestión y conocimiento del estado actual de los litorales rocosos colombianos.

7.6 Literatura citada

- Batista-Morales, A. y C.M. Díaz-Sánchez. 2010. VII-Estado de los litorales rocosos en Colombia. P. 133-158. En: INVEMAR 2010. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2010. Serie de Publicaciones Periódicas No.8. Santa Marta, Colombia. 319 p.
- Brattström, H. 1980. Rocky-shore zonation in the Santa Marta area, Colombia. *Sarsia* 65:163-226.
- Díaz-Pulido G. 1997. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. Programa de biodiversidad y ecosistemas marinos. Instituto de investigaciones marinas y costeras INVEMAR. Santa Marta. 1997. 143p.
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J.Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F.J. Parra, J. Pinzón, B. Vargas-Ángel, F.A. Zapata & S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales 5, Santa Marta. 176 p.
- Ellis, D., 2003. Rocky shore intertidal zonation as a means of monitoring and assessing shoreline biodiversity recovery. *Marine Pollution Bulletin*. 46: 305–307.
- Franco, A., D. Avendaño y J.C Pino. 1992. Descripción, distribución y anotaciones ecológicas de la comunidad algas en el litoral rocoso artificial de Marbella, Cartagena. *Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, Santa Marta,CCO, Bogotá*, 2: 544-555.
- Garay, J.A., B. Marín y A.M. Velez. 2002. Contaminación marino-costera en Colombia. 101-120 pp. En: Ospina-Salazar G.H. y A. Acero (Eds). Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2001. INVEMAR. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8., Medellín, Cuartas Impresores. 178 p.
- INVEMAR. 2000. Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera PNIBM. Díaz, J. M. y Gómez, D. I. (Eds). Fonade, MMA. Santa Marta. 83 p.
- Huertas J. 2000. Caracterización estructural, composición y estado de salud de las formaciones coralinas de isla Fuerte, bajo Burbujas y bajo Bushnell, Caribe colombiano. Tesis de Grado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia: 19-27.
- Little C., G.A. Williams, y C.D. Trowbridge. 2009. *The Biology of Rocky Shores*. Second Edition. Oxford University Press. 352 p.
- Lizarazo J.F. y D.C. López. 2007. Identificación de amenazas y vulnerabilidades para la elaboración del plan de emergencias del PNN Corales del Rosario y San Bernardo. Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales. Universidad Piloto de Colombia. Trabajo de grado administrador y gestor ambiental. 207p
- López-Victoria M., J.R. Cantera, J.M. Díaz, D. Rozo, B.O. Posada-Posada, y A. Osorno. 2004. Estado de los litorales rocosos en Colombia, acantilados y playas rocosas. 171-

181. En: Informe del estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2003. INVEMAR. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta, Colombia. 329 p.
- Márquez G. 1996. Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo Fen Colombia, Santafé de Bogotá, 211 p.
- Madden C.j., K. Goodin, R. Allee, D. Bamford y M. Finkbeiner. 2008. Clasificación ecológica estandarizada costera y marina – Versión III: La clasificación de referencia para hábitats marinos para la Red Temática de Ecosistemas IABIN. NatureServe – NOAA, 36 p.
- Neira R y J. R. Cantera. 2005. Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. Rev. Biol. Trop. Vol 53 (3): 195-206.
- Núñez, S., López, N., Garcia, C y Navas, G. 1999. Caracterización y comportamiento bimensual de la comunidad sésil asociada con el litoral rocoso de Bocachica, isla de tierra bomba, Caribe colombiano. Ciencias marinas, 25(4):629-646.
- Osorno-Arango, A. 2008. VII-Estado de los litorales rocosos en Colombia. P. 111-146. En: INVEMAR 2008. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No.8. Santa Marta, Colombia. 380 p.
- Osorno A., D. Gil-Agudelo y L. Gómez-Lemos. 2009. Plan de investigación para la conservación de *Cittarium pica* (Linnaeus, 1758). INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales. No. 16. Santa Marta, Colombia. 72 p.
- Posada-Posada B.O. y W. Henao-Pineda. 2007. Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe. INVEMAR, Serie de Publicaciones especiales No. 13, Santa Marta, 124 p.
- Rigby P., K. Iken. y Y. Shirayama. 2007. Biodiversity in Coastal Communities. NaGISA Protocols for Seagrass and Macroalgal Habitats. Kyoto University Press. 133 p.
- Sibaja-Cordero J.A. y J. Cortés. Comparación temporal de la composición y zonación de organismos en el intermareal rocoso del Parque Nacional Isla del Coco, Pacífico de Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 58(4): 1387-1403.
- Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los humedales (Ramsar Irán, 1971), 3a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Stephenson, T.A. y A. Stephenson. 1949. The universal features of zonation on rocky shores. *Journal of Ecology*, 37: 289-305
- UAESPNN. 2006. Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. Territorial Caribe. Cartagena Colombia. 378 p.

8. Estado del conocimiento de los fondos blandos

Erika Montoya-Cadavid

8.1 Definición, localización e importancia

Los fondos blandos son ecosistemas conformados por la acumulación de partículas sedimentarias como arenas, arcillas y limos en un sustrato inestable y de baja complejidad topográfica. Constituyen uno de los ecosistemas más extensos del planeta, encontrándose desde el nivel más alto de la marea hasta las grandes profundidades (0 y 10.000 m de profundidad). Predominan en el mar territorial del Caribe y el Pacífico colombiano con una extensión estimada de 889 400 km², que comprenden el 99.5 % de los ecosistemas submarinos (Guzmán-Alvis y Solano, 2002).

Los organismos bentónicos representan un importante eslabón en el reciclamiento de materia orgánica y en el flujo de energía en la trama alimentaria pelágica; es así como los invertebrados de fondos blandos (poliquetos, crustáceos y moluscos, entre otros) forman la base del flujo de energía desde el bentos hacia muchas especies en la comunidad de peces demersales (Crisp, 1984; Longhurst y Pauly, 1987). El entendimiento de los factores que afectan la producción de los invertebrados bentónicos, sus patrones de abundancia, composición taxonómica y relaciones alimentarias, facilitan la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas marinos y, asimismo, se convierte en un instrumento básico para el manejo racional de los recursos naturales, a través del mantenimiento de los procesos ecológicos fundamentales (Tumbiolo y Downing, 1994; Botsford *et al.*, 1997; Vallega, 1999; Freire y García, 2000; Freire *et al.*, 2002).

Las comunidades bentónicas están compuestas principalmente de especies con poca movilidad, ciclos de vida largos y amplia tolerancia al estrés, que debido a su íntima asociación con el sedimento, donde se acumula material orgánico particulado y/o tóxico, responden rápidamente a las perturbaciones ambientales y por ello son buenos indicadores de disturbios antrópicos y naturales. El bentos, por lo tanto, puede reflejar el grado de integridad ecológica de un sistema, tanto momentáneamente como estacionalmente, de ahí su gran utilidad para la evaluación de efectos locales en los programas de monitoreo (Belan, 2003).

8.2 Estado del conocimiento

El panorama general durante los trece años de edición del IEARMC indica que se ha avanzado de manera importante en el conocimiento de los fondos blandos del país; aunque aún son pocos los trabajos generados si se tiene en cuenta la extensión de estos

ambientes. Durante este tiempo se han dado a conocer un total de 269 estudios relacionados, estimándose un promedio de 21 trabajos por año; las investigaciones se han llevado a cabo principalmente en el Caribe, donde La Guajira y Magdalena sobresalen por ser las ecorregiones con mayor número de estudios asociados (Figura 8.1). La información está compuesta por 109 artículos, 70 tesis, 27 libros/capítulos, 45 informes técnicos y 18 documentos de otro tipo; en éstos se tratan cerca de quince temáticas, entre las cuales sobresalen los trabajos taxonómicos y las caracterizaciones, por ser los más numerosos. Aproximadamente 20 entidades, tanto en el Caribe como en el Pacífico, han sido identificadas como ejecutoras, financiadoras o promotoras en el desarrollo de las investigaciones relacionadas con este ecosistema.

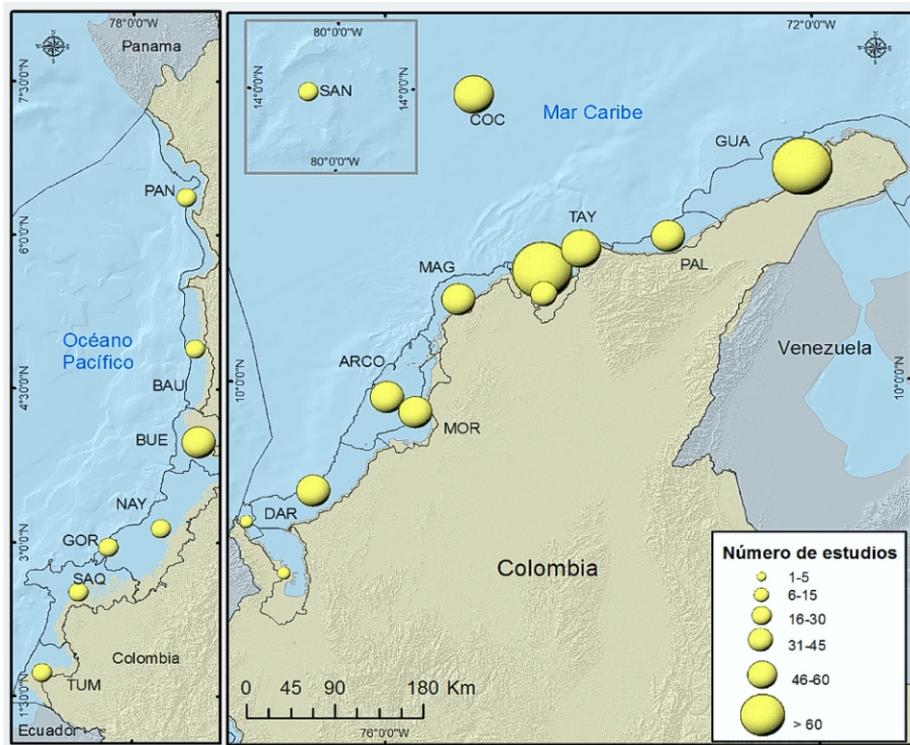


Figura 8.1. Número de estudios asociados a fondos blandos por ecorregiones en el Pacífico y Caribe colombianos.

Para 2010 se dieron a conocer 47 trabajos, de ellos 31 fueron publicados en ese año, superando en 32 % a los presentados en el 2009 (Figura 8.2); las otras 16 investigaciones fueron llevadas a cabo en años anteriores y como no habían sido registradas en los informes previos son incluidas en esta oportunidad, lo que en consecuencia modifica las cifras presentadas en el recuento histórico para los años 2000, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009, las cuales pueden ser comparadas con las citadas en el IEARMC 2009 para mayor ilustración (Montoya-Cadavid, 2009). En general, los estudios estuvieron conformados por 19 artículos, 14 tesis, 7 libros/capítulo, 6 informes técnicos y 1 resumen extendido de seminario/congreso.

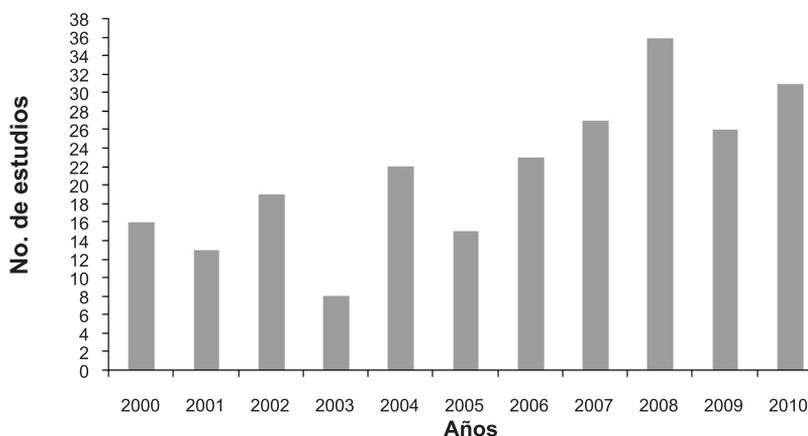


Figura 8.2. Recuento histórico del número de trabajos relacionados con fondos blandos realizados entre 2000 y 2010 en Colombia.

Con relación a las temáticas abordadas se encontró que para los trabajos nuevos de 2010 el 52 % de los estudios fueron de Caracterización, seguidos por los de Explotación 16 %, Biología de Organismos 13 %, Taxonomía 10 %, Distribución 6 % y Función 3 % (Tabla 8.1), aunque también se trataron de manera secundaria los temas de Conservación y Metodologías. Respecto al año anterior se registró aumento en el número de estudios de Caracterización, Explotación y Biología de Organismos; mientras Filogenia continuó siendo la única categoría sin ninguna investigación asociada.

Dentro de los trabajos dados a conocer se destacan los capítulos sobre peces, moluscos, equinodermos, cnidarios y briozoos que forman parte de la publicación 'Biodiversidad del Margen Continental del Caribe Colombiano', en los cuales se compendian las caracterizaciones resultado de las exploraciones llevadas a cabo por INVEMAR, desde 1997, a lo largo de la plataforma y talud continental del Caribe colombiano

y de las cuales proviene en gran parte el conocimiento actual sobre la macrofauna asociada a fondos blandos de profundidad. Asimismo, para el Pacífico se destaca la investigación de Espinosa *et al.* (2010) sobre valoración de la piangua *Anadara tuberculosa*, la cual aporta elementos importantes respecto al conocimiento de las poblaciones naturales, el potencial pesquero y los niveles de aprovechamiento y comercialización, buscando promover el uso sostenible de este recurso que representa la base del sustento de las comunidades de Bazán y Nerete. Un aspecto adicional a resaltar, es el hecho de que aunque la mayoría de trabajos nuevos son de tipo biológico, este año se dieron a conocer tres publicaciones relacionadas con Geología Marina (Domínguez *et al.*, 2010; Paschke, 2010; Rangel-Buitrago e Idárraga-García, 2010), las cuales aportan importante información en un área del conocimiento que es poco explorada en relación a estos ambientes.

Tabla 8.1. Recuento histórico del número de estudios realizados en los fondos blandos de Colombia entre 2000 y 2010 para las diferentes temáticas. Los valores resaltados en gris oscuro indican que en la temática y año señalado se incluyeron estudios que no habían sido contemplados en los informes anteriores. Los asteriscos (*) señalan temáticas que fueron abordadas de manera secundaria en alguno de los estudios ya contabilizados.

Temáticas	Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Caracterización (qué, cómo y dónde).		5	2	4	1	2	3	8	6	10	13	16
Distribución (dónde y cuánto).			1							2	2	2 *
Función (conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo).		3	5	4	1	4	3	2	6	6	3	1
Filogenia (relaciones genéticas).												
Taxonomía (identificación de especies).		6	5	8	6	14	8	8	8	8	5	3
Biología de organismos (ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología, etc.).		1					1	3	1	2	3	4
Conservación									2	1		*
Bioprospección										1		
Manejo										1		
Metodologías						1		1				*
Rehabilitación/Restauración/Mitigación											1	
Impactos:												
Contaminación		1								3		
Explotación				2		1		2	3	2	1	5 *
Cambio climático/ Fenómenos ambientales				1			1					
Estudios de impacto ambiental		1							1			

La recopilación general sobre la información pertinente a los fondos blandos indica que el 71 % de los estudios se han llevado a cabo en el Caribe, el 24 % en el Pacífico y el 5 % en ambas costas. En la Tabla 8.II se indican el número de estudios por temáticas para cada uno de los departamentos, encontrándose que para el Caribe los que cuentan con mayor cantidad de estudios son Magdalena y La Guajira, los cuales contrastan con Antioquia y Chocó, con un escaso número de investigaciones conocidas. Por ecorregiones Magdalena (MAG), Caribe Oceánico (COC) y Guajira (GUA) concentran la mayoría de investigaciones, siendo los trabajos taxonómicos los más representativos; mientras las temáticas de Filogenia, Conservación, Manejo y Cambio Climático/Fenómenos Ambientales continúan sin trabajos relacionados. En este mismo sentido, para el Pacífico los departamentos con mayor cantidad de estudios reportados son Chocó y Valle del Cauca; la ecorregión Buenaventura (BUE) continúa siendo la que tiene mayor número de estudios asociados, destacándose por ser los más numerosos los realizados en las temáticas de Taxonomía y Caracterización. Es de anotar que para el Pacífico permanecen cuatro categorías temáticas sin ser abordadas aún y la ecorregión Malpelo (MAL) continúa siendo la única sin registro de investigaciones en este ecosistema.

Durante el 2010 un total de trece entidades estuvieron financiando, ejecutando o patrocinando las diferentes investigaciones; la participación en el Caribe estuvo encabezada por la Universidad Jorge Tadeo Lozano, la Universidad de los Andes, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Cartagena, la Universidad del Quindío, la Universidad del Magdalena, el INVEMAR, el MAVDT y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Para el Pacífico las instituciones involucradas fueron la Asociación de Concheros de Nariño (Asconar), el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), la UAESPNN-PNN Sanquianga y la Universidad del Valle.

Tabla 8. II. Número de estudios por temáticas desarrollados en los diferentes departamentos y ecorregiones del Caribe y Pacífico colombianos entre 2000 y 2010. Ecorregiones: GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Oceánico), PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Oceánico). Subecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgs (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá).

Departamentos	Caribe										Pacífico											
	La Guajira		Magdalena			Atlántico		Boívar	Córdoba	Sucre	Córdoba	Antioquia	Chocó	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Cocle		Valle del Cauca		Cauca		Nariño	
	GUA	PAL	TAY	MAG	ARCO	MOR	DAR	arb	atr	cap	SAN	COC	BAU	BUE	NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM	PAO		
Temáticas	22	11	16	4	16	13	17	17	1	2	5	13	3	6	11	4	3	4	5	3		
Subecorregiones	3	3	1	4	1	1	3	1				2	1	1	1	1						
Distribución (dónde y cuánto)	3	3	1	4	1	1	3	1				2	1	1	1	1						1
Función (conectividad, flujos de energía, indicadores, ecología, monitoreo)	3	5	10	3	6	2	2	1				10	3									1
Filogenia (relaciones evolutivas)																						
Taxonomía (identificación de especies)	31	27	21	3	17	21	14	22			1	41	3	4	5	1	2	1	2	1	1	2
Biología de organismos (ciclos de vida, alimentación, reproducción, etología, etc.)	2	2	8	2	2	2	2	2			2											1
Conservación																						1
Rehabilitación/Restauración/ Mitigación				2																		1
Bioprospección			1	1	1	1	1															1
Manejo																						
Metodologías	1	1																				1
Impactos: Contaminación	5	3	2	3	3	1	2	1			1	2	2	2	3	2	3	3	2	2		2
Explotación																						
Cambio climático/ Fenómenos ambientales																						2
Estudios de impacto ambiental	1										1											



8.3 Compendio de estudios relativos al ecosistema de fondos blandos

8.3.1 Nuevos estudios

La Tabla 8.III relaciona 31 nuevos trabajos dados a conocer durante 2010 vinculados a los fondos blandos; de ellos 22 llevados a cabo en el Caribe, cinco en el Pacífico y cuatro en ambas costas.

Tabla 8.III. Listado de los trabajos relacionados con fondos blandos publicados durante 2010 en el Caribe y Pacífico colombianos.

Nombre Proyecto/Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región-Departamento (localidad)	Temática
Distribución espacio -temporal del camarón Coliflor <i>Solenocera agassizi</i> (Faxon; 1893) y su relación con variables fisicoquímicas en el Pacífico colombiano.	Arenas, 2010	Pacífico - Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño	Distribución
Equinodermos de la plataforma y la franja superior del talud continental del Caribe colombiano.	Benavides-Serrato y Borrero-Pérez, 2010	Caribe	Caracterización
Dinámica del manglar en el complejo lagunar de Cispatá (Caribe colombiano) en los últimos 900 años.	Castaño <i>et al.</i> , 2010	Caribe - Córdoba (Cispatá)	Distribución
Chrysogordiidae (Octocorallia) recolectados durante las expediciones Macrofauna I y II en el Caribe colombiano.	Chacón-Gómez <i>et al.</i> , 2010	Caribe - La Guajira, Magdalena, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia	Taxonomía
Condición somática de la almeja <i>Polymesoda solida</i> (Veneroidea: Corbiculidae) durante el período lluvioso, en el parque natural Isla de Salamanca, Caribe colombiano.	De La Hoz, 2010	Caribe - Magdalena (Isla de Salamanca)	Biología de organismos
Coberturas de los fondos y paisajes bentónicos asociados a formaciones diapíricas en los Bancos de Salmedina, plataforma continental del Caribe colombiano.	Domínguez <i>et al.</i> , 2010	Caribe - Bolívar (Bancos de Salmedina)	Caracterización
Estado de la población y valoración de algunas estrategias de conservación del recurso piangua <i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby) en sectores de Bazán y Nerete, costa pacífica nariñense de Colombia.	Espinosa <i>et al.</i> , 2010	Pacífico - Nariño (Bazán y Nerete)	Caracterización / Conservación
Cnidaria: Corales escleractinios, antipatarios, anémonas, zoantídeos, octocorales e hidroides.	Flórez y Santodomingo, 2010	Caribe	Caracterización



Nombre Proyecto/Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región-Departamento (localidad)	Temática
Moluscos bentónicos de La Guajira (10 y 50 m de profundidad), Caribe colombiano.	Fontalvoet <i>al.</i> , 2010	Caribe La Guajira	Caracterización
Distribución espacial, abundancia y relación con características del hábitat del caracol pala <i>Eustrobus gigas</i> (Linnaeus) (Mollusca: Strombidae) en el archipiélago Nuestra Señora del Rosario, Caribe colombiano.	Gómez-Campo <i>et al.</i> , 2010	Caribe - Bolivar (Archipiélago Nuestra Señora del Rosario)	Caracterización
Composición y estructura del ensamblaje de crustáceos Brachyura de la plataforma continental de La Guajira colombiana y su relación con la profundidad y las características del sedimento.	Gómez-Lemos <i>et al.</i> , 2010	Caribe - La Guajira	Caracterización
Desarrollo larval vs. patrones de distribución de moluscos Cenogastropodos del margen continental del Caribe colombiano.	Gracia, 2010	Caribe	Biología de organismos / Distribución
Moluscos de la plataforma y talud superior del Caribe colombiano (20 - 940 m): 12 años de investigación. Resultados y perspectivas.	Gracia y Ardila, 2010	Caribe	Caracterización
Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos. Fase II. Caracterización de la Megafauna y el plancton del Caribe colombiano.	Invemar, 2010a	Caribe	Caracterización
Valoración ecológica y económica del uso potencial de recursos y servicios ambientales de la zona marino-costera.	Invemar, 2010b	Caribe y Pacífico	Explotación
Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos. INVEMAR-ANH Fase III - Pacífico.	Invemar, 2010c	Pacífico - Chocó, Valle del Cauca	Caracterización
Biología y patrones de distribución de los cangrejos ermitaños (Crustacea: Decapoda: Anomura: Paguridea) en el mar Caribe colombiano.	Martínez, 2010	Caribe	Biología de organismos / Distribución
Estado del conocimiento de los fondos blandos en Colombia.	Montoya-Cadavid, 2010.	Caribe y Pacífico	Caracterización

Nombre Proyecto/Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región-Departamento (localidad)	Temática
Briozoos: una aproximación a su conocimiento en los fondos del Caribe colombiano (20-800 m).	Montoya-Cadavid y Flórez, 2010.	Caribe	Caracterización
Biología reproductiva de las especies ícticas importantes comercialmente para la zona comprendida entre Taganga y La Jororá en el departamento del Magdalena, Caribe colombiano.	Olaya, 2010	Caribe - Magdalena	Biología de organismos
Clasificación de los fondos del Golfo de Urabá empleando métodos acústicos.	Paschke, 2010	Caribe - Antioquia y Chocó (Golgo de Urabá)	Caracterización
Hidrozoos de la familia Aglaopheniidae de la plataforma continental y talud superior del Caribe colombiano.	Posada <i>et al.</i> , 2010	Caribe oceánico	Taxonomía
Geología general, morfología submarina y facies sedimentarias en el margen continental y los fondos oceánicos del mar Caribe colombiano.	Rangel-Buitrago e Idárraga-García, 2010	Caribe	Caracterización
Corales escleractinios de Colombia.	Reyes <i>et al.</i> , 2010	Caribe y Pacífico	Taxonomía
Evaluación biológica y tecnológica pesquera de recursos clave en Colombia.	Rueda <i>et al.</i> , 2010	Caribe y Pacífico	Explotación
Monitoreo de ecosistemas marinos de Bahía Portete (Puerto Bolívar).	Sánchez-Ramírez <i>et al.</i> , 2010	Caribe - La Guajira (Portete)	Función
Aspectos bioeconómicos de la pesca marina artesanal en el norte del Departamento del Magdalena entre marzo y octubre de 2009, Caribe Colombiano.	Torres, 2010	Caribe - Magdalena	Explotación
Dinámica de la pesca artesanal en la zona deltáicaestuarina del Río Sinú (ZDERS) y su relación con el control del régimen hidrológico.	Torres, 2010	Caribe - Córdoba (Tinajones)	Explotación
Taxonomía y distribución de los peces Gadiformes (Paracanthopterygii) del Pacífico Norte Colombiano.	Vélez, 2010	Pacífico - Chocó, Valle del Cauca	Caracterización
Dinámica interanual de la pesquería del recurso jaibas (<i>Callinectes</i> spp.) en la Ciénaga Grande de Santa Marta: tendencias y recomendaciones de manejo pesquero.	Viloria-Maestre <i>et al.</i> , 2010	Caribe - Magdalena (Ciénaga Grande de Santa Marta)	Explotación

8.3.2 Listado complementario de estudios efectuados en años anteriores

A continuación se relacionan 16 trabajos de años anteriores a 2010 que no habían sido registrados en los listados de otras versiones de este IEARMC (Tabla 8.IV). Las temáticas tratadas y coberturas de los mismos, han sido tenidas en cuenta en los conteos descritos en las demás tablas de este capítulo, con el objetivo de actualizar la recopilación histórica que se ha venido presentando anualmente. La información está integrada por doce estudios desarrollados en el Caribe, dos en el Pacífico y dos que involucran a ambas costas. Tomando en consideración las temáticas principales, el 56 % de los trabajos corresponde a Caracterización, el 19 % a Biología de Organismos, 13 % a Taxonomía, seguidos por Función y Explotación, cada uno con el 6 %.

Tabla 8.IV. Listado de diferentes trabajos relacionados con fondos blandos que no han sido incluidos en las recopilaciones de los informes previos.

Año	Nombre Proyecto/Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región-Departamento (localidad)	Temática
2002	Ictiofauna juvenil de fondos blandos durante la transición de "secas" a lluvias en la costa pacífica colombiana.	Velasco y Wolff, 2000	Pacífico-Valle del Cauca, Cauca y Nariño	Caracterización
2002	Colonización y sucesión de sustratos blandos asociados a <i>Pocillopora</i> spp. por macrofauna móvil en el arrecife de Playa Blanca, Isla Gorgona, Pacífico colombiano.	Solarte, 2002	Pacífico-Valle del Cauca (Playa Blanca, Gorgona)	Caracterización
2003	Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Caribe colombiano.	Baez y Ardila, 2003	Caribe	Taxonomía
2005	Distribución, abundancia y aspectos biológicos de la almeja <i>Polymesoda solida</i> Phillippi, 1846 (Bivalvia: Corbiculidae) en la Isla de Salamanca, Caribe colombiano.	De La Hoz, 2005	Caribe-Magdalena (Isla de Salamanca)	Caracterización / Biología de Organismos
2006	Variabilidad de los aportes a los sedimentos superficiales durante un ciclo anual en los Bancos de Salmedina.	Bernal <i>et al.</i> , 2006	Caribe-Bolívar (Bancos de Salmedina)	Caracterización
2006	Dinámica poblacional del coroncoro <i>Micropogonias furnieri</i> (Pisces: Scianidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano.	Cancio <i>et al.</i> , 2006	Caribe-Magdalena (Ciénaga Grande de Santa Marta)	Biología de Organismos /Explotación

Año	Nombre Proyecto/Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región-Departamento (localidad)	Temática
2006	Peces pescadores (Teleostei: Lophiiformes) del Caribe colombiano. Taxonomía y biogeografía de las familias Lophiidae, Antennariidae, Chaunacidae, Ogcocephalidae y Deiceratiidae.	Mejía-Ladino, 2006	Caribe y Pacífico	Caracterización
2007	Estimación del campo de transporte neto de sedimentos en el fondo de Bahía Colombia con base en análisis de tendencia del tamaño de grano.	Álvarez y Bernal, 2007	Caribe-Antioquia (Bahía Colombia)	Caracterización
2007	Una aproximación a la abundancia de los batoideos capturados artesanalmente en Santa Marta (Colombia).	Grijalba Bendeck <i>et al.</i> 2007	Caribe-Santa Marta	Explotación
2007	Revisión taxonómica de la familia Antennariidae para Colombia (Pisces: Lophiiformes), incluyendo un nuevo registro de <i>Antennarius</i> .	Mejía-Ladino <i>et al.</i> , 2007	Caribe y Pacífico	Taxonomía
2008	Foraminíferos en los sedimentos superficiales del sistema lagunar de Cispatá y la interacción río Sinú-Mar Caribe colombiano.	Bernal <i>et al.</i> , 2008	Caribe-Córdoba (Cispatá)	Caracterización
2009	Caracterización de la pesca artesanal de peces cartilaginosos, con énfasis en sus aspectos tróficos y reproductivos en Isla Fuerte, Caribe colombiano (Agosto 2007-Febrero 2008).	Almanza, 2009	Caribe-Bolívar (Isla Fuerte)	Caracterización
2009	Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta.	Cadavid <i>et al.</i> , 2009	Caribe-Magdalena (Ciénaga Grande de Santa Marta)	Función/Rehabilitación
2009	Densidad, estructura de tallas y explotación pesquera del bivalvo <i>Polymesoda solida</i> en un sistema lagunar del Caribe colombiano.	De La Hoz, 2009	Caribe-Magdalena (Isla de Salamanca)	Biología de Organismos/Explotación

Año	Nombre Proyecto/Trabajo	Referencia Autor	Cobertura estudio Región-Departamento (localidad)	Temática
2009	Algunos aspectos reproductivos de las principales especies ícticas capturadas artesanalmente entre Tasajera y la bahía de Santa Marta, Caribe colombiano.	Palacio, 2009	Caribe-Magdalena (Bahía de Santa Marta, Tasajera)	Biología de Organismos
2009	Composición y dinámica de la macrofauna bentónica asociada a los fondos blandos en el complejo de ciénagas del antiguo delta del río Sinú, durante los meses de diciembre a junio (2004-2005).	Rincón-Díaz, 2009	Caribe-Córdoba (Cispatá)	Caracterización

8.4 Conclusión

El estudio de los fondos blandos representa para Colombia gran interés en términos de conocimiento, dado que se trata de un ecosistema vasto, que cuenta con una significativa riqueza, tanto de biodiversidad como de recursos asociados, donde tienen lugar importantes procesos químico-biológicos y existe una dinámica ecológica en relación a otros ecosistemas estratégicos que aún no es comprendida con claridad.

El país obtiene grandes beneficios en términos económicos derivados de las diferentes actividades de explotación asociadas a este ecosistema, pero desconoce el valor real de esos servicios y en esa medida se hace prioritario continuar efectuando investigaciones que permitan obtener información básica pertinente para el establecimiento de las medidas adecuadas de manejo, tendientes al aprovechamiento sostenible y la conservación. El conocimiento de estos ambientes en el país continúa avanzando, los aportes realizados durante el 2010 dan cuenta de ello; sin embargo, aún son muy pocas las investigaciones en proporción a lo que hay por explorar.

Es necesario efectuar mayor investigación en las áreas, departamentos y ecorregiones identificadas como menos estudiadas, para disminuir los vacíos de información y acortar la brecha existente en este sentido entre las regiones Caribe y Pacífico.

8.5 Literatura citada

- Álvarez, A.M. y G. Bernal. 2007. Estimación del campo de transporte neto de sedimentos en el fondo de Bahía Colombia con base en análisis de tendencia del tamaño de grano. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 16: 41-50.
- Almanza, M. A. 2009. Caracterización de la pesca artesanal de peces cartilaginosos, con énfasis en sus aspectos tróficos y reproductivos en Isla Fuerte, Caribe Colombiano (Agosto 2007-Febrero 2008). Trabajo de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 98 p.
- Arenas, L. N. 2010. Distribución espacio-temporal del camarón Coliflor (*Solenocera agassizi* Faxon; 1893) y su relación con variables fisicoquímicas en el Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biología). Universidad del Quindío, Armenia. 75 p.
- Báez, D. P. y N. E. Ardila. 2003. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del Caribe colombiano. *Biota colombiana*, 4(1): 89-109.
- Belan, T.A. 2003. Marine environmental quality assessment using polychaete taxocene characteristics in Vancouver Harbour. *Marine Environmental Research*, 57:89-101.
- Benavides-Serrato, M. y G. Borrero-Pérez. 2010. Equinodermos de la plataforma y la franja superior del talud continental del Caribe colombiano. pp. 255-281. En: Invemar (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 20. Santa Marta. 457 p.
- Bernal, G. A. Velasquez, I. Vargas, A. C. Agudelo, C. A. Andrade, J. G. Domínguez, C. Ricaurte y G. Mayo. 2006. Variabilidad de los aportes a los sedimentos superficiales durante un ciclo anual en los Bancos de Salmedina. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 35: 59-75.
- Bernal, G., M. A. Ruíz-Ochoa, M. T. Piedrahita y E. Restrepo. 2008. Foraminíferos en los sedimentos superficiales del sistema lagunar de Cispatá y la interacción río Sinú - mar Caribe colombiano. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 23: 5-20.
- Bostford L., J. Castilla y C. Peterson, 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science*, 277(5325): 509-515.
- Cadavid, B. C., P. Bautista, J. M. Betancourt, L. E. Castro, C. A. Villamil, A. M. Orjuela, S. Rifaterra, L. V. Perdomo, E. Vilorio, D. Mármol y M. Rueda. 2009. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta. 118 p.
- Cancio, E., J. C. Narváez y J. Blanco. 2006. Dinámica poblacional del coroncoro *Micropogonias furnieri* (Pisces: Scianidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 35: 37-58.

- Castaño, A. L. Urrego y G. Bernal. 2010. Dinámica del manglar en el complejo lagunar de Cispatá (Caribe colombiano) en los últimos 900 años. *Revista de Biología Tropical*, 58 (4): 1347-1366.
- Chacón-Gómez, I. C., N. Santodomingo, J. Reyes y C. E. Andrade. 2010. Chrysogordiidae (Octocorallia) recolectados durante las expediciones Macrofauna I y II en el Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(2): 397-416.
- Crisp, D. J. 1984. Energy flor measurements. p. 284-367. En: Holme N.A. y A.D. McIntyre (Eds). *Methods for the study of the marine benthos*. IBP Handbook 16. Blackwell, Oxford.
- De La Hoz, M. V. 2005. Distribución, abundancia y aspectos biológicos de la almeja *Polymesoda solida* Phillippi, 1846 (Bivalvia: Corbiculidae) en la Isla de Salamanca, Caribe colombiano. Tesis de maestría (Biología Marina). Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta. 120 p.
- De La Hoz, M. V. 2009. Densidad, estructura de tallas y explotación pesquera del bivalvo *Polymesoda solida* en un sistema lagunar del Caribe colombiano. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas (Venezuela)*, 43: 1-27.
- De La Hoz, M. V. 2010. Condición somática de la almeja *Polymesoda solida* (Veneroidea: Corbiculidae) durante el período lluvioso, en el Parque Natural Isla de Salamanca, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 58(1): 131-145.
- Domínguez, J. G., J. C. Gómez, C. Ricaurte, G. Mayo, J. Orejarena, J. M. Díaz y C. A. Andrade. 2010. Coberturas de los fondos y paisajes bentónicos asociados a formaciones diápiricas en los Bancos de Salmedina, plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(1): 117-135.
- Espinosa, S., M. F. Delgado, B. Orobio, L. M. Mejía-Ladino y D. L. Gil-Agudelo. 2010. Estado de la población y valoración de algunas estrategias de conservación del recurso piangua *Anadara tuberculosa* (Sowerby) en sectores de Bazán y Nerete, costa pacífica nariñense de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(1): 161-176.
- Flórez, P. y N. Santodomingo. 2010. Cnidaria: Corales escleractinios, antipatarios, anémonas, zoantídeos, octocorales e hidroides. pp. 152-178. En: INVEMAR (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 20. Santa Marta. 457 p.
- Fontalvo, E., A. Gracia y G. Duque. 2010. Moluscos bentónicos de La Guajira (10 y 50 m de profundidad), Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(2): 397-416.
- Freire, J. y A. García-Allut. 2000. Socio-economical and biological causes of management failures in European artisanal fisheries: the case of Galicia (NW Spain). *Marine Pollution*, 24:375-384.

- Freire, J., C. Bernárdez, A. Corgos, L. Fernández, E. González-Gurriarán, M. Sampedro y P. Verísimo. 2002. Management strategies for sustainable invertebrate fisheries in coastal ecosystems of Galicia (NW Spain). *Aquatic Ecology*, 36:41-50.
- Gómez-Campo, K., M. Rueda y C. García-Valencia. 2010. Distribución espacial, abundancia y relación con características del hábitat del caracol pala *Eustrombus gigas* (Linnaeus) (Mollusca: Strombidae) en el Archipiélago Nuestra Señora del Rosario, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(1): 137-159.
- Gómez-Lemos, L., N. Cruz y G. Duque. 2010. Composición y estructura del ensamblaje de crustáceos Brachyura de la plataforma continental de La Guajira colombiana y su relación con la profundidad y las características del sedimento. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39(2): 359-379.
- Gracia, A. 2010. Desarrollo larval vs. patrones de distribución de moluscos Cenogastropodos del margen continental del Caribe colombiano. Tesis de Maestría (Ciencias en Biología). Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta. 113 p.
- Gracia, A. y N. E. Ardila. 2010. Moluscos de la plataforma y talud superior del Caribe colombiano (20-940 m): 12 años de investigación. Resultados y perspectivas. Pp. 181-227. En: INVEMAR (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR No. 20. Santa Marta. 457 p.
- Grijalba-Bendeck, M., C. Polo-Silva y A. Acero. 2007. Una aproximación a la abundancia de los batoideos capturados artesanalmente en Santa Marta (Colombia). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 36: 251-258.
- Guzmán-Alvis, A. y O.D. Solano. 2002. Estado de los fondos blandos de la plataforma continental. pp 71-75. En: Ospina-Salazar G.H. y A. Acero (eds). INVEMAR, Informe del estado del los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2001. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Medellín. 178 p.
- INVEMAR. 2010a. Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos. Fase II. Caracterización de la megafauna y el plancton del Caribe colombiano. Informe técnico final para la ANH. Santa Marta, 342 p. + Anexos.
- INVEMAR. 2010b. Valoración ecológica y económica del uso potencial de recursos y servicios ambientales de la zona marino-costera. Informe técnico final. BPIN VAR 2010. MAVDT-INVEMAR. Santa Marta. 309 p.
- INVEMAR 2010C. Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos. INVEMAR-ANH Fase III - Pacífico. Caracterización de la megafauna y el plancton del Pacífico colombiano. Informe técnico final para la ANH. Santa Marta. 226p. + Anexos.

- Longhurst, A. R. y D. Pauly. 1987. Ecology of tropical oceans. Academic Press, San Diego, 407 p.
- Martínez, B. 2010. Biología y patrones de distribución de los cangrejos ermitaños (Crustacea: Decapoda: Anomura: Paguridea) en el mar Caribe colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 181 p. + Anexos
- Mejía-Ladino, L. M. 2006. Peces pescadores (Teleostei: Lophiiformes) del Caribe colombiano. Taxonomía y biogeografía de las familias Lophiidae, Antennariidae, Chaunacidae, Ogocephalidae y Deiceratiidae. Tesis de maestría (Ciencias del mar). Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta. 219 p.
- Mejía-Ladino, L. M., A. Acero, L. S. Mejía y A. Polanco-F. 2007. Revisión taxonómica de la familia Antennariidae para Colombia (Pisces: Lophiiformes), incluyendo un nuevo registro de *Antennarius*. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 36: 269-305.
- Montoya-Cadavid, E. 2010. Estado del conocimiento de los fondos blandos en Colombia. pp. 159-172. En: Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, año 2009. INVEMAR, Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 319 p.
- Montoya-Cadavid, E. y P. Flórez. 2010. Briozoos: una aproximación a su conocimiento en los fondos del Caribe colombiano (20-800 m). pp. 283-315. En: Invemar (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR No. 20. Santa Marta. 457 p.
- Olaya, C. 2010. Biología reproductiva de las especies ícticas importantes comercialmente para la zona comprendida entre Taganga y La Jororá en el departamento del Magdalena, Caribe colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 94 p.
- Palacio, C. M. 2009. Algunos aspectos reproductivos de las principales especies ícticas capturadas artesanalmente entre Tasajera y la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 118 p.
- Paschke, J. F. 2010. Clasificación de los fondos del Golfo de Urabá empleando métodos acústicos. Trabajo de grado (Geología). Universidad EAFIT, Medellín. 168 p.
- Posada, T. 2010. Hidrozoos de la familia Aglaopheniidae de la plataforma continental y talud superior del Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 39(1): 67-81.
- Rangel-Buitrago, N. y J. Idárraga-García. 2010. Geología general, morfología submarina y facies sedimentarias en el margen continental y los fondos oceánicos del mar Caribe colombiano. pp. 29-51. En: INVEMAR (Eds.). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 20. Santa Marta. 457 p.

- Reyes, J., N. Santodomingo y P. Flórez. 2010. Corales escleractinios de Colombia. INVEMAR Serie de Publicaciones Especiales, No. 14. Santa Marta, 246 p.
- Rincón-Díaz, R. E. 2009. Composición y dinámica de la macrofauna bentónica asociada a los fondos blandos en el complejo de ciénagas del antiguo delta del río Sinú, durante los meses de diciembre a junio (2004-2005). Trabajo de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 61 p.
- Rueda, M., F. Rico-Mejía y J. Viaña. 2010. Evaluación biológica y tecnológica pesquera de recursos clave en Colombia. Informe técnico final. Informe Técnico. Convenio código 082-2009 ICA. INVEMAR-INCODER. Santa Marta. 59 p + Anexos.
- Sánchez-Ramírez, C., J. P. Parra, D. Morales, L. A. Gómez, L. A. Mejía, M. Bolaño, A. Orjuela, R. E. Ricardo y O. Solano. 2010. Monitoreo de ecosistemas marinos de Bahía Portete (Puerto Bolívar). INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Técnico Final para Carbones del Cerrejón LLC. Santa Marta. 235 p. + Anexos
- Solarte, L. F. 2002. Colonización y sucesión de sustratos blandos asociados a *Pocillopora* spp. por macrofauna móvil en el arrecife de Playa Blanca, Isla Gorgona, Pacífico colombiano. Trabajo de grado (Biología con mención en Biología Marina). Universidad del Valle. Cali. 58 p.
- Torres, C. A. 2010. Dinámica de la pesca artesanal en la zona deltaica estuarina del río Sinú (ZDERS) y su relación con el control del régimen hidrológico. Trabajo de grado (Biología). Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta. 143 p.
- Torres, J. A. 2010. Aspectos bioeconómicos de la pesca marina artesanal en el norte del departamento de Magdalena entre marzo y octubre de 2009, Caribe Colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 56 p.
- Tumbiolo, M.L. y J.A. Downing. 1994. An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations. *Marine Ecology Progress Series*, 114:165-174.
- Vallega, A., 1999. Fundamentals of integrated coastal management. Dordrecht. Netherlands. Kluwer Academic Publishers, 264 p.
- Velasco, A. y M. Wolff. 2000. Ictiofauna juvenil de fondos blandos durante la transición de "secas" a lluvias en la costa pacífica colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 48(1): 215-228.
- Vélez, L. M. 2010. Taxonomía y distribución de los peces Gadiformes (Paracanthopterygii) del Pacífico Norte Colombiano. Trabajo de grado (Biología Marina), Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 67 p.
- Viloria-Maestre, E. A., M. Rueda y D. Mármol-Rada. 2010. Dinámica interanual de la pesquería del recurso Jaibas (*Callinectes* spp.) en la Ciénaga Grande de Santa Marta: tendencias y recomendaciones de manejo pesquero. p. 361-366. En: INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencia y Tecnologías del Mar (SENALMAR). Serie de Publicaciones Especiales Invemar No. 21. Santa Marta. 578 p.

ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES

CAPÍTULO IV



*Curaduría de la colección seca de equinodermos
del Museo de Historia Natural Marina de Colombia
(Fotografía: Archivo MHNMC-INVEMAR)*

9. Diversidad de especies marinas

Adriana Gracia-Clavijo, Johanna Medellín-Mora, Manuel Garrido-Linares,
Edgar Arteaga-Sogamoso y Andrés Merchán-Cepeda

Introducción

En este capítulo se presenta información relacionada con el estado de la diversidad de la fauna y flora marina costera respecto al conocimiento de los diversos grupos que la componen, incluyendo información sobre conservación y diagnóstico de especies amenazadas, así como referencias y casos de estudio que fueron relevantes durante 2010.

Los datos compilatorios presentados se basan en los estudios realizados durante los últimos diez años en el Caribe y Pacífico colombianos, y que han sido consignados en el IEARMC. Este documento comprende el aporte de profesionales expertos, miembros de diferentes instituciones gubernamentales, académicas y científicas del país. Como herramienta de apoyo se utilizaron los datos almacenados en el Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina (SIBM). Lo anterior, con el fin de identificar vacíos de información y brindar las herramientas con base científica para el proceso de la toma de decisiones, con miras a conservar y aprovechar sosteniblemente el ambiente y los recursos marinos de Colombia. Se debe considerar que los inventarios de especies son los datos más elementales en Ecología, Biogeografía y Biología de la Conservación, aplicables para la determinación del número de taxones presentes en una región determinada, establecer patrones de distribución de especies, identificar *hot spots* de biodiversidad o designar estrategias de conservación, entre otros (Miloslavich *et al.*, 2010).

9.1 Estado del conocimiento de la biodiversidad de especies de los principales grupos marinos en el Caribe y Pacífico colombianos

Para la Región Caribe han sido registradas al menos unas 12046 especies de organismos marinos, que incluyen un grupo de Chromista (algas café), tres grupos de Protista (Foraminifera, Dinoflagellata y Amoebozoa), dos phyla de plantas (algas verdes y rojas y Angiospermae: manglares y pastos marinos) y 31 phyla animal (Miloslavich *et al.*, 2010). Siendo de éstos, Mollusca (3032), Crustacea (2916) y Pisces (1336) los grupos con el mayor número de especies, que en conjunto representan alrededor del 60 % de la biota total (Miloslavich *et al.*, 2010). Para el Caribe colombiano, de los grupos mencionados se encuentra información de por lo menos 15 phyla, con 4945 especies (Tabla 9.1); lo que en términos generales corresponde al 41 % de los phyla marinos conocidos y alrededor del 41 % de las especies registradas para todo el Caribe.

Para el caso del Pacífico Oriental Tropical (POT) (integrado por Ecuador, Colombia, Panamá y Costa Rica) se conocen unas 6714 especies registradas para aguas costeras que incluyen cuatro grupos de Protista (Foraminifera, Radiolaria, Tintinnida y Dinoflagellata), dos phyla de plantas (algas y angiospermas) y 30 phyla de animales. Aunque en Colombia históricamente este ha sido un sector menos explorado que el Caribe, se tiene información de 13 phyla y 3413 especies (Tabla 9.I), lo que representa el 36 % de los grupos marinos conocidos y un 51 % de las especies registradas para el POT.

De lo anterior se establece que para las dos costas colombianas, la información para otros grupos menores de Crustacea, Sipunculida, Cnidaria (e.g. hidroides) y Brachiopoda se encuentra aún dispersa y en un estado de conocimiento menor, mientras que en grupos como Fungi, Placozoa, Nematomorpha, Loricifera, Micrognathozoa, Cycliophora, Entoprocta, Phoronida, Nemertea, Gnathostomulida, Pogonophora, Rotifera, Priapulida, Kinorhyncha, Tardigrada, Nematoda, Ostracoda y Urochordata no se han llevado a cabo investigaciones que permitan establecer su estado actual en Colombia³ ni en otras partes del Caribe y el POT (Miloslavich *et al.*, 2010; 2011).

Hasta 2010 se ha avanzado en el conocimiento de algunos grupos taxonómicos, elaborando los listados de especies para corales duros (Scleractinia), zoantideos, Plathelminthes, Mollusca (conos, opistobranquios, quitones, pulpos y calamares), Annelida (Polychaeta), Isopoda, Pycnogonida, Bryozoa, Echinodermata (Echinoidea), Pisces (Tetradontiformes y Ophidiiformes, entre otros), Testudines, Aves, Mammalia y algas marinas bentónicas. Estos inventarios no son concluyentes, Miloslavich *et al.* (2010) advierten que para la Región Caribe es de esperarse que en el futuro aumente el número de especies registradas para la mayoría de los taxones, exceptuando manglares, fanerógamas, mamíferos, aves y reptiles. Incluso para algunos grupos relativamente mejor conocidos como Mollusca, Echinodermata y Pisces, se esperan nuevos descubrimientos que comprendan la descripción de nuevas especies y nuevos registros de especies en el área. En este contexto, para equinodermos (grupo que no es muy rico en especies) la curva de acumulación de descubrimiento de especies en el Caribe muestra que se están acercando a una asíntota. Mientras que por el contrario, la acumulación de las curvas de grupos ricos en especies como moluscos y peces, sugieren que su inventario completo está todavía lejos de ser concluido (Miloslavich *et al.*, 2010).

Los datos presentados en la Tabla 9.I han sido compilados de las revisiones y artículos sobre inventarios, nuevos registros y/o especies en Colombia como: ¹Betancur y Martínez (2003), ²Zea (1998; Com. Pers.), ³Reyes y Barrios (1998), ⁴Barrios *et al.* (2002), ⁵Alverico *et al.*, 2000, ⁶Acosta *et al.* (2005), ⁷Reyes (2000), ⁸Lattig y Reyes (2001), ⁹Bejarano

³ Tanto para el Caribe como Pacífico colombianos, la información relacionada sobre el estado del conocimiento de los grupos planctónicos será ampliada posteriormente.

et al. (2001), ¹⁰Reyes y Santodomingo (2002), ¹¹Díaz y Puyana (1994), ¹²Arboleda (2002), ¹³Gracia *et al.* (2004), ¹⁴Ardila *et al.* (2005b), ¹⁵Ardila (2000), ¹⁶Díaz *et al.* (2000), ¹⁷Gracia *et al.* (2005a), ¹⁸Gracia *et al.* (2005b), ¹⁹Báez y Ardila (2003), ²⁰Quiroga *et al.* (2004a), ²¹Campos *et al.* (2003), ²²Lemaitre y Álvarez-León (1992), ²³Arango (2000), ²⁴Borrero-Pérez *et al.* (2003a y b), ²⁵Benavides *et al.*, (Com. Pers.), ²⁶Borrero-Pérez y Benavides-Serrato (2004a), ²⁷Borrero-Pérez *et al.* (2002 a, b y c), ²⁸Borrero-Pérez y Benavides-Serrato (2004b), ²⁹Borrero-Pérez *et al.* (2003b), ³⁰Flórez y Montoya-Cadavid (2004), ³¹Díaz-Púlido y Díaz-Ruíz (2003), ³²Bula-Meyer (1987), ³³Guerra-García *et al.* (2006), ³⁴Aguirre-Aguirre *et al.* (2006), ³⁵Simone y Gracia (2006a), ³⁶Simone y Gracia (2006b), ³⁷Bermúdez, *et al.* (2005), ³⁸Reyes *et al.* (Com. Pers.), ³⁹Gómez-Lemos *et al.* (2008), ⁴⁰Sánchez (Com. Pers.), ⁴¹Escobar (2000), ⁴²Flórez *et al.* (2007), ⁴³Montoya *et al.* 2007, ⁴⁴Cohen-Rengifo (2008), ⁴⁵Polanco (Com. Pers.), ⁴⁶Mejía-Falla *et al.* (2007), ⁴⁷Flórez-González *et al.* (2004), ⁴⁸Flórez-González y Capella (2006), ⁴⁹Capella (Com. Pers.), ⁵⁰Chacón-Gómez *et al.* (2010), ⁵¹Díaz. *et al.* (2005), ⁵²Cantera (Com. Pers.), ⁵³Müller y Krapp (2009), ⁵⁴Varila (2004), ⁵⁵Naranjo (1979), ⁵⁶Naranjo (1980), ⁵⁷Ceballos-Fonseca (2000), ⁵⁸MMA e IAvH (2000), ⁵⁹Ortíz y Lemaitre (1994), ⁶⁰Flórez (1983), ⁶¹Young y Campos (1988), ⁶²Posada *et al.* (2010), ⁶³Campos *et al.* (2010), ⁶⁴Estela *et al.* (2010), ⁶⁵Bernal y Vargas (2010), ⁶⁶Moncaleano y Niño (1976), ⁶⁷Cedeño (2010), ⁶⁸Rojas-Briceño *et al.* (2009) y ⁶⁹Reyes *et al.* (2010).

Tabla 9.1 Número de familias (FAM), géneros (GEN) y especies (SP) de flora y fauna marina registrada a partir de la información recopilada de las revisiones y artículos sobre inventarios, nuevos registros y/o especies en Colombia.

Grupo	Caribe			Pacífico		
	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
MACROALGAS ^{31,32,52}						
Cyanophyta (verde-azules)	7	9	16	-	-	-
Rhodophyta (rojas)	36	131	314	-	-	84
Phaeophyta (pardas)	8	21	70	-	-	22
Chlorophyta (verdes)	15	41	165	-	-	30
FORAMINIFERA ^{1,65}	-	39	59	-	-	~156
PORIFERA ^{2, 41,52}	~53	~124			~18	~25
CNIDARIA						
Clase Cubozoa ^{66,67}	2	2	2	-	-	-
Clase Scyphozoa ^{66,67}	7	8	9	-	-	-
Orden Alcyonaria ^{40,50}	11	27	86	-	-	-
Orden Actiniaria-Corallimorpharia ^{3,4}	-	15	23	-	-	-
Orden Antipatharia ^{9,10}	-	-	15	-	-	-

Grupo	Caribe			Pacífico		
	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
Orden Leptothecata ^{61,62}	15	31	54	-	-	-
Orden Scleractinia ^{7,8,38,52,69}	18	58	118	9	18	37
Orden Zoanthidea ⁶	4	4	9	-	1	1
BRACHIOPODA ⁶⁸	3	3	4	-	-	-
MOLLUSCA ^{11,12}						
Clase Gastropoda ^{13,14,35,36,51}	~120	~350	830	-	-	609
Clase Bivalvia ¹⁵	~59	~149	348	-	-	352
Clase Cephalopoda ¹⁶	9	16	26	-	-	12
Clase Polyplacophora ¹⁷	5	13	22	-	-	10
Clase Scaphopoda ¹⁸	6	13	24	-	-	2
BRYOZOA ^{30,42,43}	57	80	113	-	-	8
ANNELIDA ^{19,52}	43	131	239	-	-	459
PLATYHELMINTHES						
Orden Polycladida ²⁰	-	-	25	-	-	-
CRUSTACEA-DECAPODA ^{12,21,22,37,39,52,54,63}						
Suborden Dendrobranchiata e Infraorden Stenopoididea y Caridea	21	59	153	~15	~51	~91
Infraorden Astacidea, Palinura y Anomura	15	57	166	~13	~40	~106
Infraorden Brachyura	40	145	267	~22		~354
Otros grupos CRUSTACEA						
Orden Amphipoda ^{33,61}	14	28	43	-	-	8
Infraorden Thalassinidea ⁶³	4	-	23	-	-	-
Infraclase Cirripedia ⁶⁰	6	9	17	-	-	-
Clase Pycnogonida ^{23,53}	10	15	50	-	-	2
ECHINODERMATA ^{12,24}						
Clase Crinoidea	8	18	25	-	-	-
Clase Asteroidea ^{25,44}	19	44	72	16	24	35
Clase Ophiuroidea ^{26,44,52}	15	51	102	11	23	41
Clase Echinoidea ^{27,28,44}	16	34	51	12	21	30
Clase Holothuroidea ^{29,44}	11	21	46	11	18	36
PISCES						
Orden Myxiniiformes ⁴⁵	1	3	3	-	-	-
Clase Elasmobranchii ⁴⁶	26	50	67	33	66	79
Clase Ósteichthyes ^{45,52}	133	447	20	85	320	727
REPTILIA						

Grupo	Caribe			Pacífico		
	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
Orden Testudines ⁵⁷	2	5	6	2	5	6
Orden Crocodilia ⁵⁸	1	1	1	-	-	-
MAMMALIA ^{5,47,48,49}						
Orden Cetácea	5	-	16	5	-	24
Orden Carnívora	1	1	1	2	-	6
Orden Sirenia	1	1	1	-	-	-
AVES						
Clase Aves ^{55,56,64}	13	23	38	14	33	69

9.1.1 Comunidad planctónica

Como aporte significativo al IEARMC se incluyen trabajos realizados en organismos planctónicos, datos que no hacen parte de la Tabla 9.I. De estos estudios se puede establecer que actualmente se están realizando más esfuerzos por publicar y completar sus inventarios en Colombia. Basados en la revisión de información bibliográfica disponible referente al registro de especies de los principales grupos del fitoplancton y zooplancton presentes en el Caribe y Pacífico, se presenta la Tabla 9.II, que se estima el número de taxones presentes por familia, género y especie.

9.1.1.1 Fitoplancton

Alrededor de 4 mil especies de fitoplancton han sido descritas en el mundo (Sournia *et al.*, 1991). En Colombia es probable que muchas especies habitantes del Atlántico o aún del Caribe no hayan sido registradas o estudiadas, debido en parte a que la información obtenida se basa en estudios realizados en áreas muy puntuales y a que los trabajos hasta el momento desarrollados y publicados son muy escasos.

Con anterioridad, para el Caribe colombiano se han adelantado algunos estudios sobre este grupo de organismos, no obstante para el 2010 se presentan dos aportes significativos en su conocimiento: el primer inventario del grupo de las diatomeas, en el que se registran 54 familias, con 106 géneros, 337 especies y 19 variedades (Lozano-Duque *et al.*, 2010); y el manual de fitoplancton presente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, el cual contiene aproximadamente 578 taxones (71 cianófitas, 95 diatomeas céntricas, 189 diatomeas pennadas, 59 dinoflagelados, 83 clorófitas, 63 euglenófitas y 18 de otros grupos) (Vidal, 2010). De lo anterior se establece que aún se requiere completar los listados correspondientes a dinoflagelados, cianobacterias, clorófitas y otros flagelados (silicoflagelados yocolitoforidos). De manera preliminar para estos grupos mencionados y basándose en información bibliográfica, se estima el registro de al menos 82, 17, 13 y 5 especies, respectivamente (INVEMAR-ANH, 2008).

De igual forma para el Pacífico colombiano la recopilación bibliográfica preliminar estimó el registro de 222 especies de diatomeas, 203 dinoflagelados, 4 cianobacterias y 2 especies de flagelados (Tabla 9.II), no obstante estos valores podrían considerarse subestimados si se tiene en cuenta que no se contó con la información proveniente de tesis de pregrado e informes que reforzarían y complementarían aún más la presencia de los organismos pertenecientes a estos grupos.

Lo anterior pone de manifiesto que pese a la indiscutible importancia ecológica que tiene el fitoplancton como productor primario, de su potencialidad en la formación de floraciones nocivas y de su aplicabilidad como indicadores de condiciones ambientales, para el Caribe y Pacífico colombianos, se presenta aún insuficiencia de estudios y publicaciones que señalen sus características florísticas, así como la inexistencia de guías publicadas y colecciones de referencia que faciliten la identificación de las especies. Estos estudios, además de ampliar el conocimiento de la diversidad del fitoplancton presente en nuestro país, servirían de apoyo para diferentes tipos de estudios, como los encaminados a determinar y distinguir los cambios futuros a causa de los diferentes procesos naturales o antropogénicos de corto (estacionales) y largo plazo (e.g. como los originados por el evento de El Niño-Oscilación del Sur- y el Calentamiento Global), y los orientados a la determinación de la presencia de especies introducidas o invasoras y potencialmente formadoras de afloraciones algales nocivas, entre otros.

9.1.1.2 Zooplancton

El zooplancton está conformado por organismos de una gran variedad de phyla (~20), dentro de los que se encuentran grupos exclusivamente planctónicos (holoplancton) y grupos temporales (meroplancton); a este último grupo también pertenecen los estadios larvales de peces, moluscos, crustáceos, equinodermos, anélidos y sipunculidos, entre otros.

Aproximadamente 7 mil especies holoplanctónicas han sido descritas para los océanos del mundo (Boltovskoy *et al.*, 2005; Bucklin *et al.*, 2010a; Wiebe *et al.*, 2010). Dentro del holoplancton se han establecido tres grupos de acuerdo con su complejidad taxonómica: (i) Grupo con pocas especies y un sistema taxonómico estable en todo el mundo; es el caso de los foraminíferos, eufausiáceos, cladóceros y tunicados pelágicos. (ii) Grupo en donde la complejidad aumenta en su estudio por presentar gran diversidad de especies con diferenciación entre hembras y machos, así como numerosos estados de desarrollo (e.g. grupos como copépodos, anfípodos, mysidáceos y cefalópodos), lo que hace que la identificación y el adelanto de los inventarios sea una tarea que requiere un trabajo permanente. (iii) Grupo que corresponde a organismos que tienen un gran número de especies, pero los sistemas

taxonómicos presentan problemas de organización como en los radiolarios y acantharios (Boltovskoy *et al.*, 2003). Lo anterior puede conllevar a que su estudio sea muy fragmentado y a que el número de especies se encuentre aún subestimado.

En Colombia para la mayoría de los grupos zooplanctónicos se tiene escasa información de la biología, taxonomía y ecología. Según la revisión de información, en el Caribe y Pacífico colombianos se han registrado aproximadamente 765 y 482 especies, respectivamente (Tabla 9.II). A la fecha se continúa con el proceso de actualización de sus inventarios, de esta forma en el 2010 para el Caribe colombiano fue publicado el primer listado taxonómico de la subclase Copépoda, con 217 especies (Medellín-Mora y Navas, 2010); grupo zooplanctónico que comprende el mayor número de especies conocidas en el mundo con cerca de 2200 descritas (Bucklin *et al.*, 2010b). Mientras que para el Pacífico colombianos López y Baldrich (2010) publicaron el primer catálogo de hidromedusas, taxón que después de Copépoda registra el mayor número de especies descritas en el mundo con 842 (Wiebe *et al.*, 2010).

En el Caribe y Pacífico colombianos se tienen registros de 14 phyla, que abarcan desde los protozoos hasta los cordados. Los grupos zooplanctónicos que presentan el mayor número de registros son las larvas de peces (Chordata), copépodos (Arthropoda) e hidromedusas (Cnidaria). De acuerdo con Boltovskoy *et al.* (2003), sobre el número de especies holoplanctónicas descritas en el mundo para 25 grupos zooplanctónicos y efectuando una comparación similar a partir de una valoración subjetiva del grado del estado del conocimiento en cada grupo, en Colombia casi todos los grupos se encuentran en la categoría de “muy pobre” (<35 %). Los cladóceros (Arthropoda - Maxillopoda) fueron el único grupo que obtuvo un porcentaje superior (50 %), este valor se debe a que a nivel global en aguas marinas este grupo presenta sólo ocho especies, todas registradas en el Atlántico Suroccidental, en Colombia sólo se tiene el registro de cuatro de estas especies.

De manera general, para el Caribe y Pacífico colombianos se destaca la falta de conocimiento publicado o difundido en relación a la taxonomía y biogeografía del zooplancton; los phyla Foraminifera, Actinopoda, Cercozoa, Ciliophora, Ctenophora, Platyhelminthes, Nematomorpha, Nemertea, Annelida, Bryozoa, Phoronida, Brachiopoda, Equinodermata, Hemichordata y Urochordata son los menos estudiados, e incluso muchos de ellos no han sido considerados para su estudio. Por lo que se hace necesario actualizar su inventario taxonómico, que suministre información sobre nuevos registros para el área e incluso nuevas especies para la ciencia (Medellín-Mora y Martínez-Ramírez, 2010). Sólo para el holoplancton se considera que existen por lo menos 1600 especies de 15 phyla aún sin describir (Wiebe *et al.*, 2010).

Los datos presentados en la Tabla 9.II enumeran los documentos que actualmente se encuentran publicados o en literatura gris para el Caribe y océano Pacífico colombianos. ¹Giraldo y Villalobos (1983), ²Bernal (2000), ³Ávila (1973; 1978), ⁴Rentería (1977 a y b), ⁵Cañón *et al.* (2005), ⁶Michele y Foyo (1976), ⁷Campos y Plata (1990), ⁸Ramírez *et al.* (2005), ⁹Críaes *et al.* (2002), ¹⁰Brattegard (1973), ¹¹Ruiz (1966), ¹²Ávila de Tabares *et al.* (2007), ¹³Escobar y Manjarrés (1988), ¹⁴Vergara *et al.* (1999), ¹⁵Críaes-Hernández *et al.* (2003), ¹⁶López (1993), ¹⁷Manjarrés *et al.* (1994; 1997; 1998; 2005), ¹⁸Bernal y Zea (2000), ¹⁹Moncaleano y Niño (1976), ²⁰Martínez (2006), ²¹Samper (1970 a y b), ²²Domínguez (2002), ²³Larrahondo y Serrano (1981), ²⁴Carmona (1979), ²⁵Celis *et al.* (2008), ²⁶Zapata (1995), ²⁷Valero (1997), ²⁸Mejía (2008), ²⁹Moreno (1998), ³⁰Camacho (1978), ³¹Marino y Merchán (1993), ³²León (2004), ³³Lozano (1986), ³⁴Fisco (2006), ³⁵Alvarado (1978), ³⁶Martínez *et al.* (2009), ³⁷Castro (1998), ³⁸Medellín-Mora *et al.* (2009), ³⁹López-Celerón (2009), ⁴⁰Jácome (2000), ⁴¹Mulford (1985), ⁴²Castillo (1993), ⁴³García y Amaya (1999), ⁴⁴Lara y Cabra (1984), ⁴⁵Godoy y Escobar (1984), ⁴⁶López y Bernal (1990), ⁴⁷Rodríguez (1996), ⁴⁸Beltrán-León y Ríos (2000), ⁴⁹Fonseca-Camelo (2000), ⁵⁰Monroy-Marulanda (1976), ⁵¹Sánchez-Pérez (2001), ⁵²Monsalve y Parra (1982), ⁵³Valencia y Giraldo (2009), ⁵⁴Monsalve (1976), ⁵⁵Buritica-Cifuentes y Castro (1984), ⁵⁶Norena-Serna (1972), ⁵⁷López y Tovar (2009), ⁵⁸Monsalve y Parra (1982), ⁵⁹Alvariño (1978), ⁶⁰Arboleda (1988), ⁶¹Cabrera-Rodríguez (1995), ⁶²Cely-Moya y Chiquillo (1993), ⁶³Fernández-Álamos (2000), ⁶⁴García-Díaz *et al.* (2008), ⁶⁵Pineda-Polo (1977), ⁶⁶Escarria *et al.* (2004, 2005, 2006, 2007), ⁶⁷Giraldo y Gutierrez (2007), ⁶⁸López-Peralta (1984), ⁶⁹Martínez-Aguilar *et al.* (2010), ⁷⁰Niño y Herrera (1984), ⁷¹Rueda-Montenegro (1984; 1997), ⁷²Mauna de los Reyes y Rodríguez (1994), ⁷³López y Palomino (2005), ⁷⁴Ochoa-Hinojosa (1997), ⁷⁵López-Peralta y Castañeda-Suárez (2009), ⁷⁶Cediel Parra *et al.* (1995), ⁷⁷López y Baldrich (2010), ⁷⁸Segura (1984), ⁷⁹Park (1970), ⁸⁰Montoya *et al.* (2008), ⁸¹Medellín-Mora y Navas (2010), ⁸²Lozano-Duque *et al.*, (2010), ⁸³INVE-MAR-ANH (2008), ⁸⁴Castillo y Viscaino (1992), ⁸⁵Escobar *et al.* (1993), ⁸⁶Osorio y Castillo (1993), ⁸⁷Medina (1997), ⁸⁸Medina (1998), ⁸⁹García (2001), ⁹⁰García-Hansen *et al.* (2004), ⁹¹CCCP (2002), ⁹²García-Hansen y Malikov (2003), ⁹³Ramírez y Giraldo (2003) y ⁹⁴Peña y Pinilla (2002)

Tabla 9.II Número de familias, géneros y especies de fitoplancton y zooplancton registradas en el Caribe y Pacífico colombianos a partir de la información secundaria recopilada. (/): Separa las referencias para los dos océanos. (-) no hay consolidado disponible.

Grupo	Caribe			Pacífico		
	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
Fitoplancton						
BACILLARIOPHYTA ^{82/84, 86,87, 88, 91, 94}	54	106	337 + 19 variedades	41	74	222
PYRRROPHYCOPHYTA ^{83/84, 85, 86,87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94}	-	-	82	20	37	203

Grupo	Caribe			Pacífico		
	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
Fitoplancton						
CYANOPHYTA(CYANOBACTERIA) ^{83/}	-	-	17	1	2	4
CLOROPHYTAS ^{83/}	-	-	13	-	-	-
OTROS FLAGELADOS (Silicoflagelados, cocolitoforidos) ^{83/93, 94}	-	-	5	1	1	2
Zooplankton	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
PROTOZOA ^{1, 78/51}	1	4	4	5	-	-
CILIOPHORA	4	4	1	-	-	-
CNIDARIA						
Clase Hidrozoa ^{1, 3, 4, 5, 6, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 / 50, 51, 52, 59, 62, 73, 77, 78}	29	41	36	41	65	101
Clase Scyphozoa ¹⁹	5	6	6	-	-	-
CTENOPHORA ^{3, 4, 18, 19, 24}	3	3	4	-	-	-
ROTIFERA ^{3, 7, 25, 78}	8	9	6	-	-	-
MOLLUSCA						
Clase Bivalvia ^{26, 27, 28 / 74}	23	13	5	7	2	
Fitoplancton	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
Clase Gastropoda ^{1, 2, 6, 18, 20, 21 / 50, 51, 73}	12	21	31	7	15	21
Clase Cephalopoda ⁷⁵	-	-	-	9	8	5
ANNELIDA						
Clase Polychaeta ^{1, 2, 3, 4, 18, 29, 30/48, 49, 50, 51}	11	6	1	12	17	19
ARTHROPODA						
Clase Pycnogonida ²³	1	-	-	-	-	-
Clase Branchiopoda ^{2, 3, 4, 5, 7, 20, 23, 29, 31, 32, 78 / 50}	4	6	5	2	4	-
Clase Ostracoda ^{3, 7, 20, 21, 29, 31/51}	4	4	-	1	-	-
Clase Maxillopoda ^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21, 23, 24, 30, 31, 32, 35, 36, 78, 81 / 50, 51, 52, 54, 55, 56}	38	83	217	25	51	45
Clase Malacostraca ^{1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 20, 21, 23, 29, 30, 31, 32, 37, 38, 39, 78 / 50, 51, 52, 53, 55, 57}	58	51	45	51	25	29
CHAETOGNATHA						
Clase Sagittoidea ^{1, 3, 4, 6, 11, 20, 21, 23, 32, 33, 40, 41, 42, 78/ 48, 49, 51, 52, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65}	5	12	25	4	10	24
BRYOZOA ¹²	1	1	-	-	-	-
PHORONIDA ¹²	1	1	-	-	-	-
BRACHIOPODA ¹²	2	2	-	-	-	-
ECHINODERMATA ¹⁸	1	1	1	-	-	-

Grupo	Caribe			Pacífico		
	FAM	GEN	SP	FAM	GEN	SP
Fitoplancton						
CHORDATA						
Clase Actinopterygii ^{3, 9, 13, 14, 15, 42, 43, 44, 45, 46, 47 / 48, 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71}	87	125	96	92	237	224
Subphyllum Cefalochordata						
Clase Leptocardii ^{2, 31}	1	1	-	-	-	-
Subphyllum Tunicata						
Clase Larvacea ^{3, 4, 23, 24, 29, 31, 32, 33 / 51}	2	2	2			
Clase Thaliacea ^{1, 2, 6, 23 / 51, 55, 65}	3	5	5	3	11	14

9.2 Especies por ecorregiones marinas

En este contexto se presenta el estado del conocimiento sobre el inventario de las especies marinas, organizado de acuerdo a la división presentada en el Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera (PNIBM) (INVEVAR, 2000) y que corresponde a las ecorregiones y subecorregiones marinas de Colombia, establecidas de acuerdo a una serie de atributos naturales característicos que les otorgan en suma una identidad ambiental y paisajística particular (INVEVAR, 2000). Esta es otra forma de representar la información de acuerdo a una organización nacional ya establecida y que tiene como finalidad servir como herramienta para tomadores de decisiones.

Las tablas 9.III y 9.IV presentan la información relacionada con el número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico para el Caribe y Pacífico colombianos (datos tomados del ¹SIBM, (<http://www.INVEVAR.org.co/siam/sibm/index.htm>) y algunas revisiones y artículos sobre registros y/o especies, ²Díaz-Púlido y Díaz-Ruiz (2003), ³Camacho, Díaz-Ruiz y Peña (2008; Com. Pers.), ⁴Zea (1998; Com. Pers.), ⁵Benavides *et al.* (2005, Com. Pers.), ⁶Cohen-Rengifo (2008) y ⁷Flórez y Montoya (2004).

Tabla 9.III Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Caribe colombiano entre 1999 y 2010. GUA (Guajira), PAL (Palomino), TAY (Tayrona), MAG (Magdalena), ARCO (Archipiélagos Coralinos), MOR (Morrosquillo), DAR (Darién), SAN (Archipiélago de San Andrés y Providencia), COC (Caribe Oceánico). Subecorregiones: sal (Golfo de Salamanca), cgsM (Ciénaga Grande de Santa Marta), gal (Galerazamba), arb (Arboletes), atr (Atrato) y cap (Capurganá). (-) no hay consolidado disponible.

Ecorregiones		Caribe												
		GUA	PAL	TAY	MAG			ARCO	MOR	DAR			SAN	COC
Taxones	Subecorregión				sal	cgsM	gal			arb	atr	cap		
Macroalgas	Familia	21	-	35	-	-	22	23	9	25	-	-	14	-
Rojas ²	Género	51	-	108	-	-	52	58	11	74	-	-	47	-
	Especie	72	-	218	-	-	86	85	12	120	-	-	72	-

Ecorregiones		Caribe												
		GUA	PAL	TAY	MAG			ARCO	MOR	DAR			SAN	COC
Taxones	Subcorregión				sal	cgsm	gal			arb	atr	cap		
Macroalgas Pardas ²	Familia	6	-	8	-	-	11	3	2	5	-	-	4	-
	Género	15	-	20	-	-	23	8	2	14	-	-	11	-
	Especie	33	-	49	-	-	23	16	4	27	-	-	34	-
Macroalgas Verdes ²	Familia	12	-	12	-	-	13	13	5	12	-	-	14	-
	Género	21	-	32	-	-	25	28	13	24	-	-	29	-
	Especie	45	-	78	-	-	56	58	12	55	-	-	70	-
Pastos Marinos ¹	Familia	3	-	2	-	-	-	2	2	-	-	2	2	-
	Género	5	-	4	-	-	-	3	4	-	-	2	3	-
	Especie	6	-	4	-	-	-	3	4	-	-	2	4	-
Bacterias ¹	Familia	-	-	9	-	1	3	1	3	-	-	-	3	4
	Género	-	-	13	-	1	3	1	3	-	-	-	5	4
	Especie	-	-	14	-	1	3	1	3	-	-	-	6	4
Porifera ^{1,4}	Familia	35	14	-	-	1	14	40	-	-	13	12	-	1
	Género	46	16	-	-	1	16	71	-	-	18	12	-	1
	Especie	52	16	210	-	1	16	199	72	84	22	12	125	1
Cnidaria ¹	Familia	33	25	60	12	-	7	43	17	-	17	19	30	26
	Género	59	39	121	13	-	8	103	21	-	30	35	57	40
	Especie	66	51	200	15	-	8	165	21	-	39	49	77	49
Mollusca ¹	Familia	116	66	128	87	31	46	93	86	25	31	10	51	90
	Género	217	130	297	171	42	46	198	115	27	41	10	83	175
	Especie	332	174	444	248	46	46	244	122	27	51	10	94	232
Bryozoa ^{1,7}	Familia	37	26	18	28	-	-	13	4	-	-	-	-	8
	Género	49	35	24	36	-	-	17	4	-	-	-	-	9
	Especie	62	41	27	43	-	-	17	4	-	-	-	-	9
Annelida ¹	Familia	28	-	27	21	-	38	4	38	-	-	1	32	-
	Género	28	-	27	21	-	38	4	38	-	-	1	32	-
	Especie	28	-	27	21	-	38	4	38	-	-	1	32	-
Plathelminthes ¹	Familia	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Género	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Especie	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea ¹	Familia	92	41	80	86	15	45	48	52	14	27	22	19	70
	Género	121	84	202	155	21	45	84	83	20	48	34	31	115
	Especie	195	118	314	155	31	16	134	83	21	54	37	50	148
Echinodermata ^{1,5}	Pisces ¹	46	30	49	19	1	7	41	20	12	5	4	13	39
	Género	79	43	81	29	1	7	69	28	14	6	5	16	78
	Especie	111	62	124	36	1	7	107	41	14	8	7	20	115
Pisces ¹	Familia	83	50	106	57	59	26	95	76	27	59	40	66	87
	Género	188	83	285	94	104	36	203	139	39	100	81	137	148
	Especie	313	118	477	119	138	40	345	180	42	127	147	280	174

Tabla 9.IV Estimado del número de familias, géneros y especies por grupo taxonómico presentes en las diferentes ecorregiones del Pacífico colombiano entre los años 2000 y 2010. PAN (Pacífico Norte), BAU (Baudó), BUE (Buenaventura), NAY (Naya), SAQ (Sanquianga), TUM (Tumaco), GOR (Gorgona), MAL (Malpelo) y PAO (Pacífico Océánico). (-) no hay consolidado disponible.

Taxones		Pacífico								
		PAN	BAU	BUE	NAY	GOR	MAL	SAQ	TUM	PAO
Algas Rojas ³	Familia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Género	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Especie	17	3	23	0	60	-	-	16	-
Algas Pardas ³	Familia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Género	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Especie	2	-	4	-	16	-	-	4	-
Algas Verdes ³	Familia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Género	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Especie	3	-	7	-	16	-	-	9	-
Bacterias ¹	Familia	-	-	2	2	-	-	-	4	1
	Género	-	-	2	2	-	-	-	4	1
	Especie	-	-	3	2	-	-	-	5	1
Cnidaria ¹	Familia	5	-	-	-	5	11	-	-	3
	Género	8	-	-	-	5	22	-	-	3
	Especie	8	-	-	-	12	31	-	-	3
Mollusca ¹	Familia	75	20	56	29	90	11	3	13	12
	Género	129	30	83	40	193	14	6	15	20
	Especie	175	37	83	43	347	14	6	15	20
Crustacea ¹	Familia	16	16	1	1	1	1	-	-	12
	Género	25	21	1	1	5	1	-	-	15
	Especie	25	21	2	1	7	1	-	-	15
Echinodermata ^{1,6}	Familia	19	5	1	-	4	8	-	-	7
	Género	24	5	1	-	7	9	-	-	7
	Especie	25	5	1	-	7	9	-	-	7
Pisces ¹	Familia	45	31	36	23	78	38	9	13	30
	Género	73	42	56	33	155	74	15	15	32
	Especie	95	47	75	34	208	95	16	16	37

9.3 Aportes en Sistemática y Taxonomía (2010)

La información presentada para el 2010 en Figura la 9.1 y las tablas 9.V y 9.IV, comprende las referencias de trabajos que han sido recopilados de publicaciones como artículos, tesis de grado y proyectos, donde se incluyen inventarios taxonómicos y/o estudios sobre sistemática. No obstante, es importante aclarar que seguramente no abarcan la totalidad de la información producida en este año. Se destacan como nuevas contribuciones los trabajos en grupos taxonómicos previamente no incluidos como foraminíferos y braquiópodos, así como los listados de especies de fitoplancton y zooplancton identificados en puertos del Caribe colombiano (publicados en el 2009), grupos que históricamente han sido pobremente documentados para Colombia. Se subraya también la variedad de trabajos desarrollados en fitoplancton y zooplancton, lo que aporta significativamente al conocimiento de la diversidad marina de la columna de agua presente en ambas costas colombianas, así como el uso de herramientas moleculares como ayuda a los estudios taxonómicos, especialmente en lo relacionado a mamíferos marinos (Tabla 9.VI)

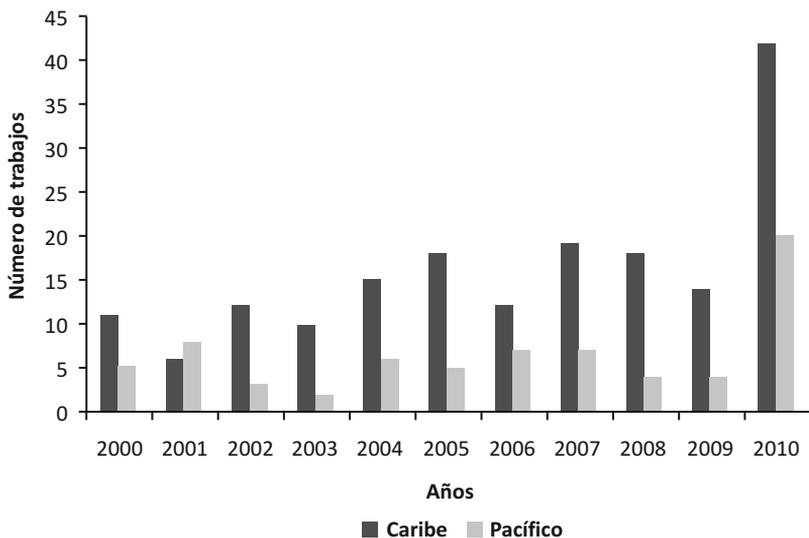


Figura 9.1. Recuento histórico de los trabajos realizados por año en Sistemática y Taxonomía desde el año 2000 hasta la fecha en el Caribe y Pacífico colombianos.

Tabla 9.V Recuento histórico de los trabajos realizados en sistemática y taxonomía por grupo taxonómico desde 2000 hasta la fecha en el Caribe (C) y Pacífico (P) colombiano. Los datos se basan en la información de los IEARMC.

Años	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010	
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
Bacterias	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	2	-	1	-	-
Fitoplancton	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	1	-	1*	-	7	2
Zooplancton	3	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	5	1	1	-	2	4*	5	4	-
Macroalgas	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Manglares	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-
Foraminifera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Porifera	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Cnidaria	-	-	2	-	2	-	-	-	-	4	-	1	-	2	1	4	-	-	-	5*	1*	-
Brachiopoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Mollusca	2	-	-	1	2	1	-	-	6	-	6	-	4	-	2	-	2	-	1	-	5*	1*
Bryozoa	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	1	1	-	-	1	-	-
Annelida	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	1	1	3	-	1	-	3	-	1	-	2	-	2	-	1	-	6	-	2	-	4	-
Echinodermata	-	-	-	-	3	1	2	-	2	-	2	1	-	-	-	2	1	1	-	2	1	-
Pisces	1	3	1	1	2	-	1	1	2	2	2	2	2	2	4	-	1	-	6	-	2	3
Reptilia	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mammalia	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Aves	-	-	-	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	5*	4*	-
Otros	1	-	-	3	-	-	1	-	1	1	-	1	1	2	1	3	-	1	-	-	3	-

*Trabajos que contienen información tanto del Caribe como del Pacífico y que fueron enumerados independientemente

Tabla 9.VI Trabajos realizados en Sistemática y Taxonomía en el 2010 (Caribe y Pacífico colombianos).

Año	Trabajo	Autor
2010	Manual de fitoplancton hallado en la Ciénaga Grande de Santa Marta y cuerpos de agua aledaños. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 384 p p.	Luis Alfonso Vidal Velásquez
2010	La comunidad fitoplanctónica durante eventos de surgencia y no surgencia en la zona costera del departamento del Magdalena, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(2): 233-263.	Jeimmy Samanta Ramírez-Barón, Andrés Franco-Herrera, Lorena Marcela García-Hoyos y Diego Alejandro López
2010	La comunidad fitoplanctónica en el Mar Caribe colombiano. 85-118. En: INVEMAR (Eds). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Yesid Lozano-Duque, Luis A. Vidal y Gabriel R. Navas S.
2010	Listado de diatomeas (Bacillariophyta) registradas para el Mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(1): 83-116.	Yesid Lozano-Duque, Luis Alfonso Vida y Gabriel R. Navas S.

Año	Trabajo	Autor
2010	Dinámica espacio-temporal del fitoplancton en la Bahía de Cartagena y su relación con parámetros fisicoquímicos en un ciclo climático anual. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. Tesis de Grado (Biólogo Marino). 98 p p.	Juan Sebastián Osorio-Cardoso
2010	Caracterización y abundancia de los dinoflagelados toxinogénicos asociados a "drift" en San Andrés Isla, Colombia. 453-457. <u>En:</u> INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Montalvo-Talaigua, M.A. y José Ernesto Mancera-Pineda
2010	Ensamblajes de dinoflagelados bentónicos asociados a praderas de fanerógamas en la isla de San Andrés, Caribe colombiano, durante la época de transición climática. 458-463. <u>En:</u> INVEMAR -ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 p.	Narváez Uribe, P. A., José Ernesto Mancera Pineda y Brigitte Gavio
2010	Distribución y abundancia de diatomeas del género <i>Pseudonitzschia</i> en condición de El Niño 2007 sobre la Cuenca Pacífica Colombiana. 118-123. <u>En:</u> INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Galeano-Chavarría, A. M., Edgar Arteaga-Sogamoso y M. Rueda
2010	Estructura y composición del ensamble fitoplanctónico en el PNN Gorgona (océano Pacífico colombiano) bajo condiciones El Niño (febrero de 2010). 269-273. <u>En:</u> INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Acevedo, J. D. y Alan Giraldo
2010	Estructura de las comunidades macroalgales asociadas al litoral rocoso del departamento de Córdoba-Colombia. <i>Caldasia</i> , 32(2): 339-354.	Quirós, J.A., J. Arias, J. y R. Ruiz
2009*	Dossier para el control y la gestión del agua de lastre y sedimentos de los buques en Colombia. Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Ed. Dimar, serie de Publicaciones Especiales CIOH Vol. 3. Cartagena de Indias, Colombia. 116 pp.	Dimar-CIOH
2010	Listado taxonómico de copépodos (Arthropoda: Crustacea) del Mar Caribe colombiano. <i>Bol. Invest. Mar. Cost.</i> , 39(2): 265-306.	Johanna Medellín-Mora y Gabriel R. Navas S.

Año	Trabajo	Autor
2010	Zooplankton en la surgencia costera de la región de Santa Marta, Caribe colombiano. 21-27. <u>En:</u> INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Diego Alejandro Cerón y Andrés Franco-Herrera
2010	Distribución del mesozooplankton en aguas oceánicas del Mar Caribe colombiano durante mayo y junio de 2008. 120-148. <u>En:</u> INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Johanna Medellín-Mora y Oscar Martínez-Ramírez
2010	Hidrozoos de la familia Aglaopheniidae de la plataforma continental y talud superior del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 39(1): 67-81.	Tibisay Posada P., Álvaro L. Peña C. y Gabriel R. Navas S.
2010	Composición preliminar de las medusas (Cnidaria: Cubozoa y Scyphozoa) de las aguas superficiales costeras de la Región de Santa Marta. Tesis Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.	Cristina María Cedeño Posso
2010	Hidromedusas del océano Pacífico colombiano: catálogo básico de identificación rápida I. Panamericana. Universidad Militar Nueva Granada. Formas e Impresos S.A. 79 pp.	Raúl López y Ángela Baldrich
2010	Ictioplancton de la región costera del golfo de Tortugas, Pacífico colombiano, durante el primer semestre de 2010. 87-92. <u>En:</u> INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Ortiz-Astudillo, A.F y Alan Giraldo
2010	Ictioplancton en la zona costera del Pacífico colombiano durante la fase terminal de El Niño 2006-2007. Lat. Am. J. Aquat. Res., 38(1): 151-166.	Tulia Martínez-Aguilar, Alan Giraldo y Efraín Rodríguez-Rubio
2010	Distribución y abundancia del ictioplancton en el estuario de Bahía Málaga, Pacífico colombiano. Tesis Biología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Biología. Bogotá. 53 pp.	Diana del Pilar Medina Contreras
2009	Hipéridos (Crustacea: Amphipoda) en el sector norte del Pacífico oriental tropical colombiano. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(2): 265-273.	Bellineth Valencia y Alan Giraldo
2010	Foraminíferos bénticos en los sedimentos de los manglares del golfo de Urabá. 163-168. <u>En:</u> INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Gómez, E. y Gladys Bernal



Año	Trabajo	Autor
2010	Cnidaria: corales escleractinios, antipatarios, anémonas, zoantideos, octocorales e hidroides. 150-178. <u>En</u> : INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Paola Flórez y Nadiezhda Santodomingo
2010	Chrysogorgiidae (Octocorallia) recolectados durante las expediciones Macrofauna I y II en el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(2): 427-445.	Isabel Cristina Chacón-Gómez, Nadiezhda Santodomingo, Javier Reyes y Camilo Ernesto Andrade Sossa
2010	Composición de la comunidad arrecifal somera dentro y fuera del área marina protegida Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Caribe colombiano. 134-138. <u>En</u> : INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Sarmiento-Segura, A. y María Elvira Alvarado-Chacón
2010	Evaluación de la composición de la comunidad bentónica asociada a parches coralinos del área Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. 129-133. <u>En</u> : INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Marrugo M., A. Henao-Castro, María Elvira Alvarado Ch. y Juan A. Sánchez
2010	Corales escleractinios de Colombia. INVEMAR. Serie de Publicaciones Especiales No. 14. 200 pp.	Javier Reyes, Nadiezhda Santodomingo y Paola Flórez
2010	Moluscos bentónicos de La Guajira (10 y 50 m de profundidad), Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(2): 397-416.	Erlenis Fontalvo Palacio, Adriana Gracia C. y Guillermo Duque Nivia
2010	Moluscos del Mioceno y del Pleistoceno de la isla de San Andrés (Mar Caribe, Colombia) y consideraciones paleobiogeográficas. Rev. Acad. Colomb. Cienc., 34(130): 105-116.	Juan Manuel Díaz M. y César Fernando García-Llano
2010	Moluscos de la plataforma y talud superior del Caribe colombiano (20-940 m): 12 años de investigación, resultados y perspectivas. 180-227. <u>En</u> : INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Adriana Gracia y Néstor Ardila
2010	Bivalvos perforadores de madera (Mollusca: Teredinidae, Pholididae) en la Costa Pacífica colombiana. Rev. Acad. Colomb. Cienc., 34(132): 277-288.	Jaime R. Cantera K.

Año	Trabajo	Autor
2010	<i>Taxonomy and phylogeny of Armina (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae) from the Atlantic and eastern Pacific. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, Published online. 1-15.</i>	Diana Patricia Báez, Néstor Ardia, Ángel Valdés y Arturo Acero
2010	Composición y estructura del ensamblaje de crustáceos Brachyura de la plataforma continental de La Guajira colombiana y su relación con la profundidad y las características del sedimento. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(2): 359-379.	Luis Gómez-Lemos, Norella Cruz Castaño y Guillermo Duque Nivia
2010	Biología y patrones de distribución de los cangrejos ermitaños (Crustacea: Decapoda: Anomura: Paguridea) en el Mar Caribe Colombiano. Tesis Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.	Bibian Martínez Campos
2010	Dinámica espacial de crustáceos decápodos asociados a céspedes algales en el departamento de Córdoba, Caribe colombiano. Acta Biol. Col., 15(3): 1-23.	Jorge A. Quirós R. y Néstor Hernando Campos C.
2010	Crustáceos decápodos del Caribe colombiano. 228-253. <u>En:</u> INVEMAR (Eds). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Néstor Hernando Campos, Natalia Rodríguez-Salcedo y Adriana Bermúdez
2010	Briozoos: una aproximación a su conocimiento en los fondos del Caribe colombiano (20-800 m). 282-315. <u>En:</u> INVEMAR (Eds). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Erika Montoya-Cadavid y Paola Flórez
2009*	<i>Preliminary report of recent brachiopods from the Colombian Caribbean Sea.</i> Geología Colombiana, 34: 123-126.	Alexis Rojas-Briceño, Pedro Patarroyo y Adriana Gracia
2010	Equinodermos de la plataforma y la franja superior del talud continental del Caribe colombiano. 254-281. <u>En:</u> INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Milena Benavides-Serrato y Giomar Helena Borrero-Pérez
2010	Riqueza y abundancia de equinodermos en el noreste del departamento de Córdoba, Caribe colombiano. Rev. Asoc. Col. Cienc. Biol., 22(Supl 1): 190.	Quirós J., E. Rodríguez. M. Benavides.
2009*	Distribución y ecología de las poblaciones de ofiuroides (Echinodermata: Ophiuroidea) asociados a esponjas en la bahía de Cispatá, Departamento de Córdoba. Tesis Programa de Biología, Universidad de Córdoba, Montería.	Gómez-Molina P. y E. Rodríguez-Calonge
2010	<i>First record and impact of the crown-of-thorns starfish, Acanthaster planci (Spinulosida: Acanthasteridae) on corals of Malpelo Island, Colombian Pacific.</i> Rev. Biol. Trop. Vol. 58 (Suppl. 1): 139-143.	Krupskaya Narváez y Fernando A. Zapata



Año	Trabajo	Autor
2010	Aportes a la biodiversidad íctica del Caribe colombiano. 316-353. <u>En</u> : INVEMAR (Eds.). Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR N° 20, 458 pp.	Andrea Polanco F., Arturo Acero P. y Manuel Garrido-Linares
2010	Especies de las familias Bramidae y Gempylidae en el talud superior del Caribe colombiano. 280-285. <u>En</u> : Invemar-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalmar). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Claudia Sánchez-Ramírez y Andrea Polanco F.
2010	Identificación de especies de tiburones del Pacífico colombiano afectadas por el aleteo extractivo usando métodos moleculares. Tesis Pregrado Universidad de los Andes.	Diego Prada y Susana Caballero
2010	<i>New records of Gorgona guitarfish Rhinobatos prahli in the Colombian Pacific Coast. Marine Biodiversity Records. Marine Biological Association of the United Kingdom, 3(e52): 1-3, Published online.</i>	Luis Fernando Payán, Paola Mejía-Falla, Andrés Felipe Navia y Rafael A. Lozano
2010	Estudio preliminar morfológico y morfométrico de encéfalo del pez tiburoncito, <i>Ariopsis seemanni</i> , (Pisces: Ariidae). Universitas Scientiarum, 15(2): 101-109.	Claudia Londoño y Hernán Hurtado Giraldo
2010	Aves del estuario del río Sinú. INVEMAR, Asociación Calidris y Empresa Urrá S.A. E.S.P. Serie de Documentos Generales de INVEMAR No. 39. Santa Marta, Colombia.	Estela, F., C. Ruiz-Guerra, O. D. Solano y J. Ortiz-Ruiz.
2010	Ciénaga de La Caimanera: manglares y aves asociadas. Rev. Colombiana cienc. Anim., 2(2): 365-372.	Juan Urueta, Cindy Garay, Alejandro Zamora, Silvia Galvaá-Guevara y Jaime de la Ossa
2010	Aves marinas en las plataformas de explotación de gas de Chuchupa, La Guajira, Colombia. Boletín SAO, 20: 33-38.	Juan Carlos Márquez y Mateo López-Victoria
2010	Distribución, abundancia y reproducción de las aves marinas residentes en el Parque Nacional Natural Gorgona, Colombia. Boletín SAO, 20: 22-32.	Giannina Cadena-López y Luis Germán Naranjo
2010	Primer registro del Petrel de Westland (<i>Procellaria westlandica</i>) en aguas del Pacífico colombiano. Boletín SAO, 20: 50-54.	Felipe A. Estela y Carolina García
2010	Dos registros desapercibidos de aves marinas en Colombia. Boletín SAO, 20: 39-41.	Luis Germán Naranjo

Año	Trabajo	Autor
2010	Estado del conocimiento sobre aves marinas en Colombia, después de 110 años de investigación. Boletín SAO, 20: 2-21.	Felipe A. Estela, Mateo López-Victoria, Luis Fernando Castillo y Luis Germán Naranjo
2010	Diversidad genética de Odontocetos del Caribe. Tesis Universidad de los Andes.	Pablo Tovar. y Susana Caballero
2008-2010	Segunda Fase: Valoración biológica y uso sostenible de los mamíferos acuáticos en la Bahía de Málaga y su área de influencia para garantizar su conservación". Proyecto Ecofondo-Fundación Yubarta. Cali, Colombia. 15 pp.	Flórez-González, L., J. Herrera, J. Capella, I. C. Tobón, E. Hernández
2010	Caracterización genética de la población de ballenas jorobadas (<i>Megaptera novaeangliae</i>) de la costa Pacífica Colombiana mediante el uso de secuencias de ADN mitocondrial y marcadores microsatélites. Tesis Universidad de los Andes.	María Victoria Rodríguez y Susana Caballero
2010	Evaluación de bioinvasiones marinas en humedales costeros y su relación con el tráfico marítimo en tres zonas portuarias mayores del Caribe colombiano: Cartagena, Santa Marta y Coveñas. Universidad Jorge Tadeo Lozano.	Michael Ahrens (Investigador principal) y otros
2010	Caracterización de comunidades bacterianas asociadas a plaga blanca tipo II en el coral del Caribe colombiano <i>Diploria strigosa</i> . 95-101. <u>En</u> : INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Senalamr). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 pp.	Nivia Torres, D. A y C. Arévalo Ferro
2010	Fauna nocturna asociada a los manglares y otros humedales en la Vía Parque Isla de Salamanca, departamento del Magdalena, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(1): 191-199.	Sergio A. Balaguera-Reina, José F. González-Maya y Arturo Acero P.

No toda la información contenida en esta tabla fue incluida en las referencias bibliográficas.

* Aportes que no fueron incluidos en el IEARMC 2009.

9.4 Conservación y diagnóstico de especies amenazadas

Por más de cuatro décadas el Programa de Especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha trabajado junto con la Comisión de Supervivencia de Especies evaluando el estado de conservación de especies, subespecies, variedades e incluso subpoblaciones seleccionadas a escala mundial, con el fin de destacar

los taxones amenazados a la extinción por medio de la Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas. Estos listados proporcionan la situación taxonómica, conservación y distribución de diversas plantas y animales que han sido evaluados y catalogados de acuerdo a su estado actual a nivel mundial, promoviendo de esta manera su conservación (UICN, 2010).

La Lista Roja de la UICN registra un total de 900 especies marinas para Colombia, de las cuales un 84 % se encuentra representado por peces (Figura 9.2a), mientras los grupos restantes como corales, mamíferos, aves y reptiles representan menos del 10 %. Con base en este número se identificó que la mayoría de las especies se ubican en el criterio de Preocupación Menor (LC), seguido por Datos Insuficientes (DD) con un 74 y 15%, respectivamente (Figura 9.2b). Se resalta la ausencia de grupos importantes como moluscos, crustáceos y equinodermos.

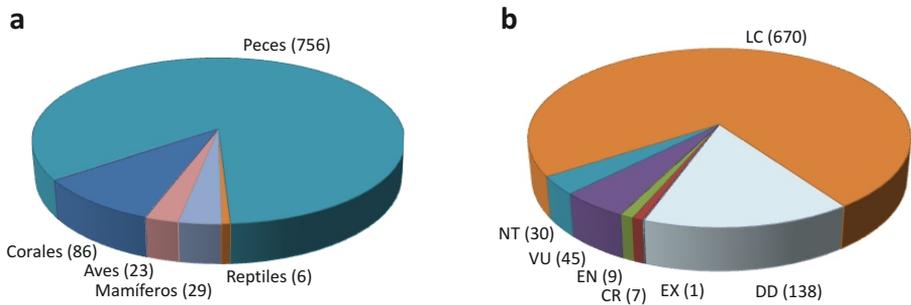


Figura 9.2 a. Número de especies marinas para Colombia por grupo taxonómico categorizadas en la Lista Roja de la UICN. **b.** Número de especies marinas para Colombia por categoría presentes en la Lista Roja de la UICN. Extinto (EX), En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD).

En Colombia, el Ministerio de Ambiente inició desde 1996 la producción de la serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia para brindar información básica relacionada con la conservación y manejo sostenible de las especies silvestres. Se publicaron libros rojos entre los años 2002 y 2006, entre los cuales para organismos marinos se tienen en cuenta los libros rojos de invertebrados (Ardila *et al.*, 2002) y peces marinos (Mejía y Acero, 2002), editados por el INVEMAR con apoyo del Instituto de Ciencias Naturales (ICN); además de los libros de reptiles (Castaño-Mora, 2002), aves (Renjifo *et al.*, 2002) y mamíferos (Rodríguez *et al.*, 2002) elaborados por el ICN, el Instituto Humboldt IAvH y Conservación Internacional, respectivamente. Para cada una de las especies listadas se elaboraron fichas donde se anotaron las características taxonómicas más importantes de los organismos, su distribución, posibles medidas de conservación y se identificó su

grado de amenaza, según las categorías diseñadas por la UICN. Las categorías de amenaza fueron: Extinto (EX), Extinto en estado silvestre (EW), En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD).

En cuanto a los resultados descritos en los libros rojos de especies amenazadas en Colombia elaborados en 2002 y 2006, se registraron un total de 125 especies marinas, de las cuales el 30 % se encuentra representado por peces, seguido por aves (20 %), moluscos (17 %) y mamíferos (11 %) (Figura 9.3a). Los grupos restantes como corales, equinodermos, crustáceos y reptiles presentan un número de especies menor al 10 %, con respecto al total de especies categorizadas. Con base al número de especies listadas, se identificó que el criterio establecido con mayor número de especies incluidas fue Vulnerable con un 46 %, seguido de las categorías En Peligro (15 %), Datos Insuficientes (15 %) y En Peligro Crítico (11 %) (Figura 9.3b).

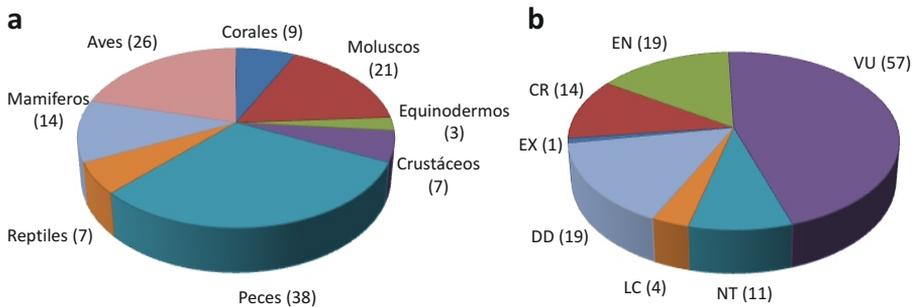


Figura 9.3 a. Número de especies marinas por grupo taxonómico categorizadas en los libros rojos de especies amenazadas de Colombia. **b.** Número de especies marinas por categoría presentes en los libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Extinto (EX), En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD).

Como contribución en esta temática para 2010 la UICN incluyó en su Lista Roja para Colombia cinco especies marinas que se referencian a continuación, según la información publicada por el *Red List* mediante su sitio Web (IUCN, 2010).

Atherinomorus stipes

Phylum	Clase	Orden	Familia
CHORDATA	ACTINOPTERYGII	ATHERINIFORMES	ATHERINIDAE
Nombre común:	Pejerrey cabezón		
Categoría y criterio:	Preocupación menor (LC)		



Distribución geográfica: Se encuentra en el Atlántico centro-occidental y se distribuye desde el sur de La Florida y Bermudas hasta Brasil. Esta especie también se ha encontrado frente a las costas de Tumaco (Colombia), en el Pacífico Oriental.

Justificación: Categorizada en preocupación menor, debido a su constante presencia y a su distribución amplia a lo largo del Atlántico centro-occidental. A pesar de estar amenazada por la explotación comercial y la degradación de los arrecifes de coral, estas amenazas no afectan a todas las especies de este género.

Coryphaena hippurus

Phylum	Clase	Orden	Familia
CHORDATA	ACTINOPTERYGII	PERCIFORMES	CORYPHAENIDAE
Nombre común:	Dorado		
Categoría y criterio:	Preocupación menor (LC)		

Distribución geográfica: Esta especie se encuentra distribuida en las aguas tropicales y templadas de los océanos Atlántico, Índico, Pacífico y Mediterráneo, aunque es más común en aguas de entre 21 a 30° C.

Justificación: Se encuentra globalmente distribuida, pero se han presentado disminuciones de algunas poblaciones en lugares determinados como consecuencia de la pesca excesiva; sin embargo, no hay indicios de que esta especie esté experimentando una disminución significativa de su población general.

Remorina albescens

Phylum	Clase	Orden	Familia
CHORDATA	ACTINOPTERYGII	PERCIFORMES	ECHENEIDAE
Nombre común:	Rémora		
Categoría y criterio:	Preocupación menor (LC)		

Distribución geográfica: Está ampliamente distribuida en aguas tropicales. En la zona oriental del Pacífico se encuentra desde San Francisco a Chile, pero es poco frecuente al norte del estado de Baja California, en México. Se encuentra en el océano Índico, incluidas las aguas alrededor de Reunión y Mauricio. En el Atlántico occidental se encuentra desde La Florida hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México. También se encuentra en el océano Pacífico Occidental, alrededor de Indonesia y China.

Justificación: No se conocen las amenazas concretas a la especie, pero puede verse afectada indirectamente por las amenazas dirigidas a las rayas, la cuales son consideradas como las especies hospedadoras.

Sarda sarda

Phylum	Clase	Orden	Familia
CHORDATA	ACTINOPTERYGII	PERCIFORMES	SCOMBRIDAE
Nombre común	Bonito		
Categoría y criterio:	Preocupación menor (LC)		

Distribución geográfica: Se extiende desde Noruega a Sudáfrica, incluyendo el Mediterráneo y el Mar Negro, en el Atlántico oriental, y desde Nueva Escocia hasta el norte del Golfo de México en el Atlántico occidental. Aunque por lo general no aparece en el Mar Caribe, se ha encontrado en Colombia y Venezuela. Esta especie no se ha registrado en el noreste y centro de Brasil, sin embargo, se destaca su presencia en el sur de Brasil y Argentina.

Justificación: Es una especie distribuida ampliamente y es abundante en muchas zonas. Ha sido capturada tanto en la pesca comercial y deportiva por un período largo de tiempo, sin disminución evidente de la población en general.

Thunnus atlanticus

Phylum	Clase	Orden	Familia
CHORDATA	ACTINOPTERYGII	PERCIFORMES	SCOMBRIDAE
Nombre común:	Atún aleta negra		
Categoría y criterio:	Preocupación menor (LC)		

Distribución geográfica: Se distribuye de Martha's Vineyard, en Massachusetts, al sur de Brasil y la isla de Trinidad, frente a Brasil, incluyendo todo el Caribe y el Golfo de México.

Justificación: Se trata de una especie con amplia distribución en la costa oeste del Atlántico. Los datos de desembarques muestran fluctuaciones sin evidencia de disminución constante, aunque algunos de los principales países pesqueros de esta especie han dejado de informar capturas. Los países que están reportando los desembarques no muestran evidencia de disminución.

El MAVDT, por medio de la Resolución 584 del 2002, declaró las especies amenazadas para Colombia; sin embargo, ante la presencia de información actualizada, producto del estudio de algunas especies que conforman la lista roja de Colombia, se hace necesaria la recategorización de algunas de ellas. Asimismo, es preponderante recalcar la necesidad de desarrollar nuevas investigaciones que brinden las herramientas científicas para identificar las especies potencialmente amenazadas, para de esta manera conservar y proteger la diversidad marina y costera de Colombia.

9.5 Estudios de caso

A continuación se presenta información ampliada de algunos trabajos como estudios de caso, que complementan el estado de la diversidad de especies marino-costeras colombianas, que en algunos casos permitirán conocer los avances en su estudio y en otros la problemática presentada para algunas especies.

9.5.1 Pepinos de mar (Echinodermata: Holothuroidea: Aspidochirotida)

(Ortiz¹, E., M. Benavides² y G. Borrero² - Universidad Nacional¹, INVEMAR²).

El pepino de mar es un recurso aprovechado tradicionalmente en los países asiáticos, las características biológicas de estos invertebrados y su explotación indiscriminada y excesiva han causado una drástica disminución en sus poblaciones e incluso extinciones locales en esta región, lo que ha generado la expansión de esta pesquería a nivel mundial incluyendo el Caribe, así como un aumento en el número de especies explotadas (Purcell, 2010). En la actualidad se pescan por lo menos 60 especies en 40 países, con precios de venta de hasta USD 300 y 500 por kg seco (Purcell, 2010). Esta situación ha estimulado la creación de vedas para permitir la recuperación de las poblaciones y promovido varias iniciativas, entre ellas talleres y publicaciones organizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) y la UICN (Lovatelli *et al.*, 2004; Toral Granda *et al.*, 2008).

En Colombia el primer registro documentado de esta pesquería, la cual no es de sustento local, es del 2006 (Borrero-Pérez *et al.*, 2006), donde se registró una recolección masiva principalmente de *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana* en el área de bahía Portete, en La Guajira, por parte de los indígenas wayúu, con un precio de \$ 800 a 1000 pesos colombianos por kilo (USD 0.32 a 0.40) (Figura 9.4). Sin embargo, hay registros de la exportación de pepino de mar seco (0.55 t) desde

Colombia hacia el mercado asiático en el año 2001 (Bruckner *et al.*, 2003). Asimismo, en el 2005 mediante la Resolución 2467 del Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural (Incoder), se autorizaron dos permisos de pesca exploratoria en La Guajira; para ninguno de estos casos se conocen las especies o cuantías específicas. Recientemente, en 2008 y 2009 se hicieron varios decomisos de pepino de mar fresco en el área de Santa Marta, estimando una captura aproximada de 4750 individuos, pertenecientes a las especies *Holothuria glaberrima*, *Holothuria grisea* y *Ocnus suspectus* (Benavides-Serrato, 2009).



Figura 9.4. Extracción de pepinos de mar en bahía Portete, La Guajira (Fotografías: Olga Lara 2006).

A pesar de la importancia ecológica y económica de estos invertebrados, en Colombia así como en la mayoría de países del Caribe, existe un vacío de información sobre su biología, dinámica poblacional y pesquería; tampoco se cuenta con la legislación necesaria para su gestión. No obstante, el interés en este recurso está en aumento y se empiezan a desarrollar estudios sobre la biología reproductiva de algunas especies (e.g. *H. glaberrima*) y el potencial de cultivo de otras.

La situación actual de las poblaciones naturales sigue siendo desconocida, mientras su explotación continúa sin control generando pérdidas ambientales incalculables a nivel de las especies y del ecosistema en general. En el último taller organizado por la UICN reslizado en Cartagena en junio de 2010, se planteó la inclusión de *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana* como especies vulnerables, sin embargo, debido a la falta de información a nivel Caribe de estas especies de interés comercial quedaron como datos insuficientes.

9.5.2 Corales Escleractinios de Colombia

(Reyes¹, J., N. Santodomingo¹ y P. Flórez¹ - INVEMAR¹).

Los corales duros o pétreos hacen parte de los organismos más representativos e importantes de los ecosistemas marinos; cumplen con un rol preponderante en la ecología de los mares y a su vez proporcionan al hombre múltiples servicios. Reconociendo su importancia y sumado al propósito del INVEMAR de consolidar los inventarios taxonómicos, para dar a conocer la riqueza biológica marina de Colombia, se editó la publicación 'Corales Escleractinios de Colombia' (Reyes *et al*, 2010). El documento introduce al conocimiento del orden Escleractinia, abordando sus características anatómicas, fisiológicas y estructurales; compila la descripción taxonómica de 153 especies, 116 del Caribe, 35 del Pacífico y dos de distribución transistmica, de las cuales 73 son zooxanteladas, 78 azooxanteladas y cuatro aposimbióticas. Cada descripción cuenta con ilustraciones a color, referencias bibliográficas, una descripción detallada de la estructura del coralum, notas ecológicas de cada especie, así como su distribución global y local ilustrada en un mapa. Esta obra destaca la alta riqueza de los corales de profundidad, así como el descubrimiento de nuevas especies para la ciencia, evidenciando la importancia de continuar explorando nuevas áreas y ecosistemas. Este producto es la síntesis de una larga trayectoria de investigación y de la exploración exhaustiva de los mares colombianos, una herramienta de consulta para la comunidad científica, la academia y los tomadores de decisiones.

9.5.3 Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano

(Benavides, M.- INVEMAR).

El país atraviesa un momento crucial en cuanto a la proyección de crecimiento en la producción de recursos energéticos, que contempla la exploración y explotación de hidrocarburos sobre áreas de concesión en el margen continental colombiano, lo que hace indispensable la identificación de áreas marinas sensibles o vulnerables a ésta actividad. Ante esta perspectiva, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), en asocio con el INVEMAR, se han dado la tarea de caracterizar los ambientes profundos del margen continental del Caribe colombiano, haciendo un especial énfasis en aquellas áreas sujetas a exploración de hidrocarburos costa afuera. La publicación titulada 'Biodiversidad del Margen Continental del Caribe Colombiano' (INVEMAR, 2010) es una completa recopilación de doce años de investigación marina de las aguas profundas del Caribe colombiano, llevada a cabo por un grupo interdisciplinario de investigadores del INVEMAR.

El libro presenta inicialmente una descripción detallada de la geomorfología, climatología y oceanografía del área de estudio, ampliando la información correspondiente a procesos naturales marinos y atmosféricos. Posteriormente, presenta los componentes bióticos, empezando por el planctónico (fitoplancton y zooplancton), la macro y megafauna representada en cnidarios, moluscos, equinodermos, briozoos, crustáceos y peces, considerados los componentes principales de los fondos blandos profundos en Colombia.

El análisis integrado de la información permitió identificar áreas significativas para la biodiversidad, en las cuales se presentan algunos valores biológicos o sustitutos de biodiversidad importantes, que deben ser tenidos en cuenta en futuros procesos de intervención. Asimismo, se plantea a través de ejemplos, algunas soluciones aplicadas a las tecnologías de información, los cuales ofrecen modelos para la organización y análisis de datos con el desarrollo e implementación de sistemas de información, bases de datos y herramientas de búsqueda, permitiendo el fácil acceso y la publicación masiva de información sobre biodiversidad marina en el país. Aunque todavía se hace necesario profundizar en diversos aspectos de la biodiversidad en Colombia, este libro es una herramienta valiosa de consulta para investigadores y tomadores de decisiones. La información contenida es la línea base de conocimiento que permitirá afrontar nuevos retos en materia de armonización de las necesidades de uso de los recursos naturales en función de los criterios de conservación de la biodiversidad marina.

9.5.4 Evaluación de bioinvasiones marinas en humedales costeros y su relación con el tráfico marítimo en tres zonas portuarias mayores del Caribe colombiano: Cartagena, Santa Marta y Coveñas (Ahrens, M. - Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano).

La investigación sobre esta temática tendrá una duración de dos años y tiene tres objetivos generales: (i) Obtener información de línea base sobre la presencia de especies marinas no nativas en puertos colombianos afectados por el tráfico marítimo, (ii) Comparar la biodiversidad marina en puertos colombianos con lugares adyacentes sin influencia portuaria directa, y (iii) Relacionar el grado de invasión al patrón del tráfico marítimo en cada una de las tres zonas portuarias. Para este fin se realizaron levantamientos estandarizados de tres puertos del Caribe colombiano (Cartagena, Coveñas y Santa Marta) y tres zonas de referencia (Barbacoas, Cispatá y El Rodadero) en dos épocas (marzo y octubre de 2010). En cada una de las zonas portuarias se tomaron medidas fisicoquímicas (temperatura, salinidad y transparencia) y muestras biológicas (bacterioplancton, fitoplancton, zooplancton y bentos). En el muestreo de marzo de 2010 se recolectaron 176 muestras biológicas (40 bacterioplancton, 36

fitoplancton, 33 zooplancton y 67 bentos) de 27 sitios. En el muestreo de octubre de 2010 se recolectaron 177 muestras biológicas (40 bacterioplancton, 37 fitoplancton, 37 zooplancton y 63 bentos) de 25 sitios.

A la fecha se han detectado más que 20 especies de fitoplancton y bentos no registrados para el Caribe colombiano. Dentro del fitoplancton analizado se han identificado diez especies de diatomeas no registradas (*Hemidiscus cf. cuneiformis*, *Pseudoguinaridia recta*, *Lichmophora paradoxa v. tincta*, *Tabellaria fenestrata*, *Eunotia cf. tauntoniensis*, *Parlibellus sp.*, *Pleurosigma latum*, *Amphiprora sulcata v. aequatorialis*, *Nitzschia distans* y *Campylodiscus cf. clevei*; resultados no-publicados L. Vidal) y ocho especies de dinoflagelados no registrados (*Gymnodinium sanguineum*, *Heteroschisma inaequale*, *Alexandrium cf. cohorticula*, *Gonyaulax grindleyi*, *Gonyaulax sp.*, *Ceratium hirundinella*, *Protoberidinium cf. capurroi* y *Protoberidinium cf. nudum*; resultados no publicados L. Vidal). Actualmente no se ha detectado ninguna especie de zooplancton no-nativo dentro de las muestras ya analizadas. En Coveñas, con el apoyo de personal de Ecopetrol, se colectaron muestras de aguas de lastre de cinco buquetanques procedentes de Estados Unidos y Panamá. En varios tanques se documentó la presencia de aguas costeras por medida de valores de salinidad baja. En un buque proveniente de EE.UU. se documentó la presencia de varios individuos del dinoflagelado no-nativo *Ceratium hirundinella* (resultados no publicados L. Vidal) detectado dos días después en aguas abiertas en el Golfo de Morrosquillo. En otro buquetanque se observaron dos especímenes de estadios reproductivos de poliquetos nereidos típicos de zonas costeras, evidenciando carencia en el intercambio de agua de lastre en mar abierto.

Los resultados preliminares fueron presentados durante el III Congreso Colombiano de Zoología en Medellín (noviembre 21 al 26 de 2010) en la ponencia titulada 'Especies marinas no-nativas en tres puertos mayores del Caribe colombiano y su relación con el tráfico marítimo' (autores: M. Ahrens, M López-Sánchez y J. Dorado). Además, se completó un informe titulado 'Bibliografía anotada de estudios sobre biodiversidad marina (nativa y no-nativas) en zonas costeras del Caribe colombiano y listado de especies registradas del fitoplancton, zooplancton y del bentos marino' (autor: A. del P. Hormaza-Niño). Esta bibliografía reúne información de 382 artículos científicos, libros, reportes técnicos y tesis de grado de diferentes fuentes de información, en los que se reportan especies de fitoplancton, zooplancton y bentos marino para zonas neríticas (puertos, bahías y playas) del Mar Caribe colombiano, generando así tres listados taxonómicos (fitoplancton, zooplancton y bentos) con más de 1000 especies. La bibliografía anotada existe en un formato electrónico (como base de datos de 'Endnote').

9.5.5 El papel de la salinidad en las asociaciones de larvas de organismos marinos de Bahía Málaga (Pacífico colombiano)

(Mejía-Ladino¹, L.M. y J. Cantera² - INVEMAR¹, Universidad del Valle²).

El principal objetivo del proyecto titulado 'El papel de la salinidad en las asociaciones de larvas de organismos marinos de Bahía Málaga (Pacífico colombiano): valoración de la importancia de esa área como salacuna y su comparación con otros estuarios en hábitats tropicales' (Ejecutado y cofinanciado por INVEMAR, Univalle y la Universidad de Pernambuco –Brasil-, y financiado por Colciencias) fue determinar la dinámica espacio-temporal de las asociaciones larvales de los organismos estuarinos y marinos, y su relación con las variaciones físico-químicas, con énfasis en el gradiente de salinidad de la Bahía, con el fin de evaluar la función ecológica de Bahía Málaga como área de reproducción y compararla con la dinámica de otros estuarios tropicales.

A lo largo de un año de muestreo (septiembre de 2009 a junio de 2010) se colectaron las muestras usando dos redes cilíndricas cónicas (3.5 m de largo; 60 cm de diámetro; ojo de malla de 500 μm para ictioplancton y 250 μm para meroplancton). Los principales parámetros físicoquímicos medidos fueron temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales y transparencia.

Entre los principales resultados obtenidos se tienen: (i) La identificación y registro fotográfico de 84 tipos de larvas de peces marinos y estuarinos, y 193 tipos de larvas de invertebrados marinos, los últimos distribuidos en 60 crustáceos, 66 moluscos, 36 poliquetos, 10 cnidarios, 7 equinodermos y otros invertebrados (9 braquiópodos, 1 briozoo, 2 lofoforados y 1 platelminto); (ii) La abundancia de larvas de peces e invertebrados marinos en Bahía Málaga es alta comparada con las abundancias registradas en otros estuarios tropicales; asimismo, la presencia de larvas es permanente a lo largo de la mayoría de los meses y en todas las zonas de la Bahía (varía de acuerdo el grupo taxonómico observado); (iii) La salinidad es un parámetro físicoquímico que influye en la distribución de las larvas, sin embargo, su concentración no se da en zona interna de la Bahía, tal y como se esperaba, sino que tienden a agruparse en la entrada, es decir en la zona de transición entre el ambiente marino y "dulce". Esta distribución es explicada en parte porque en esta zona llegan las descargas de los dos únicos ríos de la Bahía (río Agujeros y quebrada La Siepre) y en épocas de fuertes lluvias es influenciado por la pluma del río San Juan; (IV) La temperatura es el principal factor físicoquímico que influencia la distribución del ensamblaje de larvas de peces; (v) Las larvas de crustáceos y poliquetos no son influenciados significativamente por alguna de las variables físicoquímicas medidas; (vi) Las variables oceanográficas desempeñan un papel importante en la distribución de las larvas; tal es el caso de las corrientes, mareas, vientos y brillo solar, las cuales se sugiere sean medidas en posteriores proyectos.

Entre los principales productos obtenidos se destacan: (i) 277 registros biológicos de larvas de organismos marinos y costeros encontrados en Bahía Málaga, con una ficha taxonómica con los siguientes campos: identificación taxonómica hasta el nivel de familia (en invertebrados) y algunos hasta género y/o especie (en peces), fotografías, nombre común, caracteres diagnósticos y descriptivos de las larvas, distribución, profundidad promedio, tipo de ecosistema que frecuenta, notas de la especie y referencias bibliográficas. (ii) Un CD multimedia del proyecto integrado por cuatro componentes: a) Bibliográfico, con 617 referencias relacionadas con la taxonomía, importancia como salacuna y ecología de las larvas de organismos marinos; b) Biológico, con 277 tipos de larvas de organismos marinos y costeros de los diferentes grupos con su respectiva ficha taxonómica; c) Físico-químico, que incluye más de 60 representaciones espaciales de los diferentes parámetros físico-químicos medidos a lo largo de la Bahía durante la ejecución del proyecto; cada representación presenta la información por mes y por parámetro (temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, transparencia y pH), de tal forma que puedan ser comparados entre sí; d) Galería Fotográfica, con más de 500 imágenes que incluyen cuatro categorías: estaciones de muestreo, métodos y técnicas, grupo de investigación y gente linda de Bahía Málaga. (iii) Un curso teórico-práctico 'Taxonomía de larvas de invertebrados marinos' dictado por la Dra. Guerly Ávila de Tabarés, organizado por el grupo de investigación del proyecto, y dos tesis de pregrado de las Universidades de Antioquia (Medellín) y Pontificia Javeriana (Bogotá).

9.6 Conclusiones

El IEARMC es una publicación que recopila la información relacionada con las investigaciones, proyectos y avances en los temas relacionados con la biodiversidad marina y costera de nuestro país; con esto definido, se hace necesario un llamado a la cooperación y al intercambio de información para hacer de este informe un documento más completo que brinde el sustento necesario para la toma de decisiones por parte de las entidades responsables a quienes se destina este documento.

Pese a la importancia de los grupos de invertebrados marinos a nivel ecológico y pesquero, (e.g. foraminíferos, poliquetos, crustáceos no decápodos, tunicados, entre otros), los vacíos en su conocimiento radican en los pocos estudios realizados en taxonomía, explicado en parte por la dificultad de su identificación, la ausencia de claves especializadas, la carencia de colecciones biológicas de referencia y, finalmente, la ausencia de especialistas interesados en estos grupos biológicos, que hace necesario el impulso de la investigación en estas áreas, así como su promoción y divulgación para que los inventarios relacionados con estos grupos se incrementen y su importancia pueda ser relevante en la toma de una decisión.

El fortalecimiento de iniciativas nacionales como programas de avistamiento, censos, bases de datos y/o metadatos, y los monitoreos permanentes en localidades clave son importantes para la actualización del conocimiento sobre la biodiversidad y los listados correspondientes a familias, géneros y especies por grupo taxonómico. La coordinación de esfuerzos enfocados a la colaboración, cooperación e intercambio de información mediante programas interinstitucionales permitirá realizar un avance considerable al conocimiento y a los inventarios nacionales de especies del país.

En Colombia el estado del conocimiento de la biodiversidad planctónica marina requiere de un gran esfuerzo de organización, es necesario el liderazgo de grupos e instituciones para completar los inventarios de especies, a su vez esta información debe ser sistematizada y divulgada correctamente para facilitar su actualización. Se identificó que gran parte de la información se encuentra sin publicar y aún no se cuenta con una colección biológica de referencia. Esta información es fundamental para determinar la línea base que permita detectar cambios naturales y antropogénicos en el ecosistema.

Los aportes presentados para el 2010 comprenden una variedad de estudios en plancton, cnidarios, moluscos, equinodermos, peces, aves y mamíferos, documentados en artículos científicos, tesis de grado y proyectos de investigación de diversas instituciones. Se destacan como grandes aportes los catálogos 'Hidromedusas del Océano Pacífico Colombiano' y 'Los Corales Escleractinios de Colombia'.

Los trabajos taxonómicos y sistemáticos en organismos marinos continúan en construcción, por lo que es importante seguir incentivando este tipo de acciones, siendo prioritario abarcar aquellos grupos que históricamente han sido menos documentados o incluso no se ha comenzado su estudio en el país.

En Colombia la publicación del Libro Rojo de aves, mamíferos, invertebrados y peces marinos representan el listado oficial de especies amenazadas desde 2002; sin embargo, estas publicaciones así como la totalidad de los datos que se conocen relacionados con especies que puedan estar en riesgo de amenaza deben ser actualizados y/o recategorizados, de esta manera podrán tomarse medidas de conservación y sostenimiento de las especies amenazadas o potencialmente en riesgo.

De acuerdo con la UICN existe una gran cantidad de especies marinas y costeras para Colombia categorizadas dentro de la Lista Roja, la mayoría de ellas en categorías de preocupación menor (LC) y en datos insuficientes (DD); con esta información es necesario la promoción de investigaciones y proyectos relacionados con el aumento de la información relacionada para conocer el verdadero estado actual de estas especies. Recientemente se han llevado a cabo talleres de trabajo organizados por la UICN en Colombia con resultados destacados, como la creación de vínculos personales e

institucionales para el intercambio de información relacionada de especies potencialmente amenazadas con investigadores de otros países latinoamericanos.

Mediante los resultados obtenidos en la verificación de los organismos marinos y costeros presentes dentro de la Lista Roja de la UICN, se observó que a la fecha no se encuentran incluidos especies de moluscos, crustáceos ni equinodermos, lo que deja abierto el interrogante para los investigadores dedicados a estos grupos y a su vez se les invita al desarrollo de propuestas de investigación, enfocadas a la obtención de información que indique el estado actual de estos organismos.

9.7 Literatura citada

- Acero, A., D. Cánter-Ríos y A. Polanco F. 2007. Identidad problemática del tiburón martillo ojichico (Carcharhiniformes: *Sphyrna*) existente en Colombia. Bol. Invest. Mar. y Cost., 36: 321-326.
- Acosta, A., M. Casas., C. Vargas y J. Camacho. 2005. Lista de Zoantharia (Cnidaria: Anthozoa) de Colombia. Biota Colombiana, 6(2): 147-162.
- Adames, I.V. 2000. Contribución al conocimiento de la biología (hábitos alimenticios, reproducción y crecimiento) del "camotillo" *Pseudupeneus grandisquamis* (Pisces Mullidae) en el litoral Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 139 p.
- Aguilar, C. 2006. Phylogenetic hypotheses of octocoral species using predicted RNA secondary structures of the internal transcribed spacer 2 (ITS2). Tesis Biol. Univ. Andes. Bogotá, Colombia. 82 p.
- Aguirre-Aguirre, A., N. Manrique-Rodríguez y N. Cruz-Castaño. 2006. Primer registro del cangrejo *Pilumnus pannosus Rathbun* (Decapoda: Brachyura: Pilumnidae) para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 35(1): 255-258.
- Albarracín, M.T. 2001. Insectos herbívoros asociados al dosel de tres especies de mangle en el estuario del río Dagua (Bahía de Buenaventura, Colombia). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali, 50 p.
- Alvarado, H. 1978. Contribución al conocimiento de los copépodos epiplanctónicos de la Bahía de Santa Marta Colombia. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 72 p.
- Alvariño, A. 1978. El zooplancton del Pacífico colombiano y las pesquerías. Memorias Seminario sobre el Océano Pacífico Sudamericano (1: Septiembre 1 a 5 de 1976: Cali).1:206-271.
- Alverico, M., A. Cadena, J. Hernández y Y. Muñoz. 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. Biota Colombiana. 1(1): 43-75.
- Arango, C.P. 2000. Three species of sea spiders (Pycnogonida) from Santa Marta, Colombian Caribbean. Bol. Invest. Mar. y Cost., 29: 59-66.

- Arango, C.P. y D. Solano. 1999. Análisis de la comunidad de la megafauna (Crustacea; Mollusca) de fondos blandos en la región suroccidental de Santa Marta, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 28(1):155-180.
- Arango, C.P. y W.C. Wheeler. 2007. Phylogeny of sea spiders (Arthropoda:Pycnogonida) based in Direct optimization of six loci and morphology. Cladistics. International Journal of the Willi Hennig Society 23: 255-293.
- Arbeláez, E. 2003. Análisis de la diversidad y la estructura genética de dos poblaciones naturales del árbol de manglar *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) de la costa pacífica colombiana, mediante el uso de marcadores moleculares microsatelites de AND. Tesis Biól. Univ. Valle. Cali. 78 p.
- Arboleda, E. 1988. Los quetognatos de la parte norte del Pacífico colombiano (Cabo Marzo-Buenaventura) durante el crucero Pacífico IX ERFEN VI - Mayo-Julio 1986. Memorias VI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar (Diciembre 5-6 y 7 de 1988: Bogotá). 327-337.
- Arboleda, E. 2002. Estado actual del conocimiento y riqueza de peces, crustáceos decápodos, moluscos, equinodermos y corales escleractinios del océano Pacífico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 80 p.
- Ardila, N.E. 2000. Moluscos del talud superior del Caribe colombiano (200-500m): Inventario, caracterización de asociaciones y consideraciones preliminares sobre su zoogeografía. Tesis Maestría Biología Marina, Universidad Nacional de Colombia-INVEMAR, Santa Marta. 347 p.
- Ardila, N.E., G.R. Navas y O. Reyes (Eds). 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. Ministerio del Medio Ambiente. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. 180 p.
- Ardila, N.E. y A. Valdés. 2004. The genus *Armina* (Gastropoda: Nudibranchia: Afminidae) in the Southern Caribbean, with the description of a new species. The Nautilus, 118(4): 131-138.
- Ardila, N.E. y M.G. Harasewych. 2005. Cocculinid and pseudococculinid limpets (Gastropoda: Cocculiniformia) from off the Caribbean coast of Colombia. Proceedings of the Biological Society of Washington, 118(2): 344-366.
- Ardila, N.E., D. Báez y A. Valdés. 2005. Opisthobranchios (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) de Colombia. Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Malacología CLAMA 2005. Panamá. 49 p.
- Ardila, N., J. Reyes, N. Santodomingo y N. Cruz. 2005. Estado actual del conocimiento de los invertebrados En: Informe nacional sobre el estado de avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad -INACIB. IAVH.
- Ardila, N.E., D. Báez y A. Valdés. 2007. Babosas y Liebres de mar (Mollusca: Gastropoda: Opisthobranchia) de Colombia. Biota Colombiana, 8(2): 185-197.
- Ávila, G. 1973. Variación y frecuencia de algunas especies de rotíferos provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient., 7: 15-29.

- Ávila, G. 1978. Variación del zooplancton presente en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Div. Pesq., Ministerio de Agricultura. 12(1): 1-10.
- Ávila, I.C. 2006. Patrones en la conducta superficial diurna de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Bahía de Málaga y zonas aledañas, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 79 p.
- Ávila de Tabares, G., O. Martínez-Ramírez y A. Franco-Herrera. 2007. Larvas planctónicas de lofoforados en la Bahía de Gaira, Magdalena, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 36: 327-332.
- Báez, D.P. 2006. Taxonomía y filogenia de las especies del género *Armina* (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae) en el Atlántico y Pacífico americanos. Tesis de Maestría Biol., Univ. Nacional de Colombia, Bogotá D.C., 65 p.
- Báez, D.P. y N.E. Ardila. 2003. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del mar Caribe colombiano. Biota Colombiana, 4(1): 89-109.
- Báez, D.P., N.E. Ardila y A. Valdés. 2005. El género *Armina* (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae) en el Atlántico y Pacífico americanos. VI Congreso Latinoamericano de Malacología. Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Malacología.
- Báez, D.P. y N. Ardila E. 2006. Sobre la sinonimia entre *Armina wattla* Marcus y Marcus, 1967 y *Armillia muelleri* (Ihering, 1886) (Gastropoda: Nudibranchia: Arminidae). Bol. Invest. Mar. y Cost., 35: 249-254.
- Baldrich, A. 2007. Hidromedusas del Pacífico colombiano durante los cruceros 2001-2004 del estudio regional del Fenómeno El Niño. Bogotá. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 151 p.
- Barrera-García, A., A. Acero, C. Polo-Silva y M. Grijalba-Bendeck. 2007. Confirmación de la presencia de *Ophichthus cylindroideus* (Ranzani) (Anguilliformes: Ophichthidae) en el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 37(2): 213-219.
- Barrera, X., A.M. Lora y L.A. Zapata. 2007. Tortugas marinas. Análisis de los instrumentos jurídicos internacionales en Colombia. Concepto técnico. 25 p.
- Barrios, L.M., J. Reyes, G. Navas y C. García. 2002. Distribución de las anémonas (Anthozoa: Actiniaria y Corallimorpharia) en el área de Santa Marta, Caribe colombiano. Ciencias Marinas 28(1): 37-48.
- Bejarano, S., M. Moreno-Bonilla, J.M. Valderrama, M. Torres, M. Grijalba y J.A. Sánchez. 2001. Una comunidad particular de corales negros (Antipatharia: Cnidaria) en una región del Atlántico suroccidental tropical. En: Colombia. 2001. IX Congreso latinoamericano sobre ciencias del Mar - COLACMAR. 256-256.
- Beltrán-León, B. y R. Ríos. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, Buenaventura. 727 p.
- Benavides-Serrato, M. 2009. Decomiso de pepinos de mar en la zona costera de Santa Marta. Concepto Técnico Tipo C. INVEMAR.
- Benavides-Serrato, M., G.H. Borrero-Pérez, O.D. Solano y G.R. Navas. 2005. Listado taxonómico de los asteroideos (Echinodermata: Asteroidea) de la plataforma y el talud superior del Caribe colombiano. Revista Biología Tropical. 53(3): 171-194.

- Bermúdez, A., N. Cruz, G.R. Navas y N.H. Campos. 2005. Nuevos registros de cangrejos del género *Palicus* (Philippi, 1838) (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Palicidae) para el mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 34: 71-86.
- Bernal, A. 2000. Die Struktur der Zooplanktongemeinschaft im neritischen Bereich des kolumbianischen karibischen Meeres. Tesis de Doctorado, Universidad Justus-Liebig-Giessn, Alemania. 142 p.
- Bernal, A. y S. Zea. 2000. Estructura taxonómica y trófica de la comunidad de zooplancton bajo un régimen alternante entre descarga continental y afloramiento costero en Santa Marta, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 29: 3-26.
- Bernal, G. y M. Vargas. 2010. Distribución espacial de los foraminíferos en los sedimentos superficiales del Golfo de Urabá. Pp. 211-215. En: INVEMAR-ACIMAR (Eds.). Libro de resúmenes extendidos XIV Seminario Nacional de Ciencias del Mar (SENALMAR). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 21. Santa Marta. 578 p.
- Betancur, M.J. y I. Martínez. 2003. Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos de fondo de la cuenca de Panamá (Pacífico colombiano), como indicadores de productividad y oxigenación. Bol. Invest. Mar. Cost., 32: 93-123.
- Betancur, J., J.P. Parra, S. Narváez y P. Bautista. 2010. Uso de microorganismos nativos del Caribe colombiano para bioremediación de zonas costeras contaminadas con plaguicidas. Informe Técnico final Colciencias-INVEMAR. 94 p.
- Bolaños, N.W. 2005. Variaciones espaciales y temporales en la estructura de la comunidad de peces arrecifales de la isla de San Andrés y su relación con el estado de los arrecifes. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 179 p.
- Boltovskoy D., N. Correa y A. Boltovskoy. 2003. Marine zooplanktonic diversity: a view from the South Atlantic. Acta Oceanologica, 25: 271-278.
- Boltovskoy, D., N. Correa y A. Boltovskoy. 2005. Diversity and endemism in cold waters of the South Atlantic: contrasting patterns in the plankton and the benthos. Sci. Mar., 69 (Suppl. 2): 17-26.
- Borrero-Pérez, G.H., O.D. Solano y M. Benavides. 2002. Lista revisada de los erizos (Echinodermata: Echinoidea) del mar Caribe colombiano. Biota Colombiana, 3 (1): 137-144.
- Borrero-Pérez, G.H., M. Benavides-Serrato, O.D. Solano y G. Navas. 2002a. Equinoideos (Echinodermata: Echinoidea) colectados en la franja superior del talud continental del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 31:133-166
- Borrero-Pérez, G.H., O.D. Solano y M. Benavides-Serrato. 2002b. Lista Revisada de los Erizos (Echinodermata: Echinoidea) del Mar Caribe Colombiano. Biota Colombiana, 3(1): 137-144.
- Borrero-Pérez, G.H., M. Benavides-Serrato y O.D. Solano. 2003a. Echinoderms from Colombia: Historic review and present knowledge. En: Heinzeller y Nebelsick eds. Echinoderms: München. 571-572.
- Borrero-Pérez, G.H., M. Benavides-Serrato, O.D. Solano y G.R. Navas. 2003b. Holothuroideos (Echinodermata: Holothuroidea) recolectados en el talud

- continental superior del Caribe colombiano. Bol. Inst. Oceanog. Venezuela. Univ. Oriente. 42 (1 y 2): 65-85.
- Borrero-Pérez, G.H. y M. Benavides-Serrato. 2004a. New record of *Ophiosyzygus disacanthus* Clark, 1911 (Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiomyxidae) in the Caribbean Sea. Proc. Biol. Soc. Wash., 117(4): 541-544.
- Borrero-Pérez, G.H. y M. Benavides-Serrato. 2004b. Primer registro de *Clypeaster ravenelii* y *Centrostephanus longispinus rubicingulus* (Echinodermata: Echinoidea) para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 33: 249-253.
- Borrero-Pérez, G., M. Santos-Acevedo y E. Ortiz-Gómez. 2006. Perspectives and present situation of sea cucumber fisheries in the Colombian Caribbean Sea. En: Harris, L.G., S.A. Böttger, C.W. Walker y M.P. Lesser (Eds). Echinoderms: Durham. Proceedings of the 12th International Echinoderm Conference, Durham, Carolina del Norte, Estados Unidos. 588 p.
- Brattegard, T. 1973. Mysidacea from shallow water on the Caribbean coast of Colombia. Sarsia, 54:1-66.
- Bruckner, A.W., K.A. Johnson y J.D. Field. 2003. Conservation strategies for sea cucumbers: can a CITES Appendix II listing promote international trade? Beche-de-mer Information Bulletin, 18: 24-33.
- Bucklin, A., S. Nishida, S. Schnack-Schiel, P.H. Wiebe, D. Lindsay, R.J. Machida, y N.J. Copley. 2010a. A Census of zooplankton of the global ocean (Capítulo 13). En: McIntyre, A.D. (Ed), Life in the World's oceans: Diversity, distribution, and abundance. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 247-265 (349 p).
- Bucklin, A., B.D. Ortman, R.M. Jennings, L.M. Nigro, C.J. Sweetman, N.J. Copley, T. Sutton y P.H. Wiebe. 2010b. A "Rosetta Stone" for metazoan zooplankton: DNA barcode analysis of species diversity of the Sargasso Sea (Northwest Atlantic Ocean). Deep-Sea Research II, 57: (24-26): 2234-2247.
- Bula-Meyer, G. 1987. Taxonomic and ecologic studies of a subtidal sand plain macroalgal community in the Colombian Caribbean, PhD Dissertation Delaware University, Newark, Delaware, USA.
- Buritica-Cifuentes, J. y R. Castro. 1984. El zooneuston (Calanoida, Euphausiidae, Salpidae) del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 109 p.
- Buttkus, E., A. Fuentes, A. Jiménez y N. López de Viles. 2005. Diagnóstico para la elaboración del Plan de Acción en Biodiversidad del Departamento de Nariño, eje conservar. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 114 p.
- Cabrera-Rodríguez, A. 1995. Variación espacio temporal de los quetognatos de la región costera del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 120 p.
- Cadena, G. 2004. Distribución, abundancia y reproducción de las aves marinas (Pelecaniformes) en el Parque Nacional Natural Gorgona durante el año 2003. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 151 p.

- Caicedo, J.A. 2005. Aspectos biológico - pesqueros de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) basado en las capturas de la pesca artesanal en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 111 p.
- Caicedo, D.C. 2007. Algunos aspectos biológicos de *Achirus mazatlanus* y *Achirus klunzingerii* (Pisces: Achiridae) en la Bahía de Buenaventura y el Golfo Tortugas, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 121 p.
- Camacho, G. 1978. Características hidrográficas y zooplanctónicas de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Oct. 1977 - May. 1978). INDERENA. Proyecto de Ecodesarrollo. Actividad ecológica de las aguas. Cartagena 36 p.
- Camacho, L. 2006. Composición fúngica de las películas orgánicas superficiales en dos estuarios del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 142 p.
- Campos, N. 2003. Los isópodos marinos (Crustacea: Peracarida) del Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 4(1): 79-87.
- Campos, N. y J. Plata. 1990. Crustáceos epiplanctónicos de la región de Santa Marta, Caribe colombiano. 255–264. En: Corporación Autónoma Regional de Cauca CVC-COLCIENCIAS (Ed.). *Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar*. Comisión Colombiana de Oceanografía. 540 p.
- Campos, N.H., R. Lemaitre y G.R Navas. 2003. La fauna de crustáceos decápodos del Caribe colombiano: Un aporte al conocimiento de la biodiversidad en Colombia. *El mundo Marino de Colombia: Investigación y desarrollo de territorios*. Universidad Nacional de Colombia. Red del Mundo Marino, REMAR. 174-184 p.
- Cañón, M., T. Vanegas, M. Gavilán y L. Morris. 2005. Dinámica planctónica, microbiológica y fisicoquímica en cuatro muelles de la bahía de Cartagena y buques de tráfico internacional. *Bol. Cient. CIOH*, 23: 46-59.
- Capella, J. y L. Flórez. 1999. Guía para el conocimiento y conservación de la yubarta o ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowski). *Convenio Andres Bello*. 35 p.
- Capella, J. y P. Falk. 2004. Guía de campo de los Mamíferos Acuáticos de Colombia. Tercera edición. Editorial Sepia Ltda., Cali, 124 p.
- Carmona, G. 1979. Contribuciones al conocimiento de la ecología del plancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis Biol. Univ. Antioquia. 74 p.
- Carvajal, A. 1999. Eufásidos y poliquetos planctónicos del Pacífico colombiano durante junio y octubre de 1996 y mayo y noviembre de 1997. Tesis Biol. Univ. Javeriana. 90 p.
- Casas, P.A. 2004. Selección de hábitat de anidación y formación de colonias del gaviotín blanco *Sterna nilotica* (Aves: Laridae) en el Parque Nacional Natural Sanquianga, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 166 p.
- Castaño-Mora, O.V. (Ed). 2002. Libro rojo de reptiles de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Conservación Internacional Colombia. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. 160 p.

- Castellanos, G.A., Rubio-Rincón, E.A., B. Beltrán-León, L.A. Zapata y C.C. Baldwin. 2006. Peces marinos de los ordenes Stomiiformes, Aulopiformes y Myctophiformes en aguas colombianas del Pacífico oriental tropical. *Biota Colombiana*, 7(2): 245-262.
- Castellanos, G.A., J.A. Caicedo, L.M. Mejía y E. Rubio. 2006. Peces marinos y estuarinos de bahía Málaga, Valle del Cauca, Pacífico colombiano. *Biota Colombiana*, 7(2): 263-282.
- Castillo, A. 1993. Evaluación de huevos y larvas de peces y algunos depredadores zooplanctónicos de la Bahía de Cartagena. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 210 p.
- Castillo, M.F. 2003. Evaluación de la diversidad genética del mangle piñuelo *Pelliciera rhizophorae* en seis zonas de la costa pacífica colombiana, utilizando el marcador molecular AFLP. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 124 p.
- Castillo, F. y Z. Vizcaíno. 1992. Los indicadores biológicos del fitoplancton y su relación con el fenómeno de El Niño 1991-1992 en el Pacífico colombiano. *Bol. Cient. CIOH*, 12: 13-22.
- Castro, P. 1998. Contribución al conocimiento de las larvas de crustáceos decápodos del Golfo de Salamanca Caribe Colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 45 p.
- Ceballos-Fonseca, C.P. 2000. Tortugas (Testudinata) marinas y continentales de Colombia. *Biota Colombiana*. 1(2): 187-194. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 138 p.
- Ceballos L., Valderrama, I. y N. H. Campos. 2005. Primer registro de *Enoplometopus antillensis* Lütken, 1865 (Decapoda: Astacidea: Enoplometopidae) para el Caribe colombiano, con anotaciones sobre las estructuras reproductivas. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 34(1): 257-262.
- CCCP. Centro Control Contaminación Pacífico. 2002. Compilación oceanográfica de la cuenca pacífica colombiana. DIMAR - CCCP. 107p.
- Cedeño-Posso, C.M. 2010. Composición preliminar de las medusas (Cnidaria: Cubozoa y Scyphozoa) de las aguas superficiales costeras de la región de Santa Marta.
- Cediel Parra, A., R. Ávila Pineda y B. Beltrán-León. 1995. Composición, distribución y abundancia de los moluscos holoplactónicos (Heterópodos y Pterópodos) del Pacífico colombiano durante 1991. *Bol. Cient. INPA. Memorias IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar*. 3:168-186.
- Celis, S., E. Mancera y J. León. 2008. Evaluación de la rotiferofauna presente en el complejo de pajarales durante la época lluviosa, departamento de magdalena, Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 13(2): 23-40.
- Cely-Moya, H. y J. Chiquillo. 1993. Quetognatos, sifonóforos e hidromedusas de la region costera del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 120p.
- Chacón-Gómez, I.C., N. Santodomingo, J. Reyes y C.E. Andrade-Sossa. 2010. Chrysogorgiidae (Octocorallia) recolectados durante las expediciones Macrofauna I y II en el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 39(2): 427-437.

- Cohen-Rengifo, M. 2008. Equinodermos del Santuario de Fauna y Flora Malpelo, Pacifico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 116 p.
- Críales M.M., C. Yeung, F. Amaya, A. López, D. Jones y W. Richards. 2002. Larval supply of fishes, shrimps, and crabs into the Nursery Ground of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian, Caribbean. *Carib. Journ. Scien.*, 38(1-2): 52-65.
- Criales-Hernández, M.I., E. Arteaga, L. Manjarrés. 2003. Distribución espacio-temporal y tallas de las larvas de tres especies de lutjánidos en el área norte del Caribe Colombiano. *Rev. Acad. Col. Cien. Exac. Físic. Nat.*, 27(102): 8 p.
- Cruz, N. y C.H.J.M. Fransen. 2004 Addition of three species of the genus *Plesionika* (Crustacea: Caridea: Pandalidae) to the known Atlantic marine fauna of Colombia. *Zool. Med. Leiden*, 78 (6): 131-146.
- Cruz, N., A. Bermúdez, N.H. Campos y G. Navas. 2002. Los camarones de la familia Crangonidae de la franja superior del talud continental del mar Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar y Cost*, 31(1): 183-203.
- Cruz, N. y L.A. Gómez-Lemos. 2007. Primer registro del cangrejo *Podochele curvirostris* (A. Milne-Edwards, 1879) (Brachyura: Inachidae) para el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 36: 313-316.
- Delgadillo-Garzón, O. 2009. Peces y macroinvertebrados móviles de hábitat artificiales de la bahía de Taganga, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38(1): 197-204.
- Delgadillo, O. y P. Flórez. 2007. Bryozoans associated to artificial collectors in Santa Marta region Colombian Caribbean. 12. En: Hageman, S. y F. McKinney (Eds). Abstracts with program: 14th. Meeting of the Internacional Bryozoology Association. Boone, North Carolina EE.UU.
- Díaz, C.M. 2007. Poríferos de la plataforma continental (10-50 m de profundidad) del departamento de La Guajira, Caribe Colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta. 101 p.
- Díaz, J.M. y M. Puyana. 1994. Moluscos del Caribe colombiano, Un Catálogo ilustrado. Colciencias Fundación Natura, INVEMARR. Bogotá. 291 p.
- Díaz, J.M., N.E Ardila y A. Gracia. 2000. Calamares y pulpos (Mollusca: Cephalopoda) del Mar Caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 1(2): 195-202.
- Díaz, J.M. y A. Gracia. 2004. Primer registro de un pulpo de la familia Tremoctopodidae (Cephalopoda: Octopoda) para el Caribe sur. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 33(1): 285-288.
- Díaz, J., A. García y J. Cantera. 2005. Checklist of the cone shells (Mollusca: Gastropoda: Neogastropoda: Conidae) of Colombia. *Biota Colombiana*, 6(1): 73-86.
- Díaz-Pulido, G. y M. Díaz-Ruiz. 2003. Diversity of benthic marine algae of the Colombian Atlantic. *Biota Colombiana*, (4) 2: 203-246.
- Domínguez, H. 2002. Hidromedusas y sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) de las aguas superficiales de la Bahía de Gaira, Caribe Colombiano: Taxonomía, abundancia y relación con la oferta alimenticia. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 210 p.

- Escarria, E. 2004. Composición, distribución y abundancia del ictioplancton en la cuenca del océano Pacífico colombiano durante septiembre 2003. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 127 p.
- Escarria, E., B. Beltrán-León, A. Giraldo y J. Ortiz. 2005. Composición distribución y abundancia del ictioplancton en la cuenca del Océano Pacífico durante septiembre de 2003. Bol. Cient. CCCP, 12:23-35.
- Escarria E., B. Beltrán-León y A. Giraldo. 2006. Ictioplancton superficial de la cuenca del océano Pacífico colombiano (Septiembre 2003). Invest. Mar. Valparaiso, 34(2): 169-173.
- Escarria E., B. Beltrán-León y A. Giraldo. 2007. Ictioplancton en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona (Océano Pacífico colombiano) durante septiembre 2005. Invest. Mar.Valparaiso, 35(2): 127-133.
- Escobar, T. 2000. Inventario y estudio taxonómico de las esponjas (Phylum Porifera) de algunas áreas del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. 127p.
- Escobar, A. y G. Manjarrés. 1988. Consideraciones generales sobre el ictioplancton de la región de La Guajira, Colombia. Órgano Divulgativo de la Facultad. Univ. Tecnológica del Magdalena 7(1-2): 8-29.
- Escobar, J.C., F. Castillo y C. Barbosa. 1993. Estudio preliminar del fitoplancton y la estructura de la comunidad coralina de la isla de Malpelo en el Pacífico colombiano durante el crucero Henry von Prael. Bol. Cient. CIOH, 14: 117-130.
- Estela, F.A., L.G. Naranjo y R. Franke-Ante. 2004. Registros de págalos (Aves: Stercorariidae) en las costas de Colombia. Bol. Invest. Mar. Cost., 33: 245-250.
- Estela F.A. y M. López-Victoria. 2005. Aves de la parte baja del río Sinú, Caribe colombiano; inventario y ampliaciones de distribución. Bol. Invest. Mar. y Cost., 34(1): 7-42.
- Estela F.A. 2006. Aves de Isla Fuerte y Tortuguilla, dos islas de la plataforma continental del Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 35(1): 267-272.
- Estela, F., M. López-Victoria, L.F. Castillo y L.G. Naranjo. 2010. Estado del conocimiento sobre aves marinas en Colombia, después de 110 años de investigación. Boletín SAO, 20: 2-21.
- Farfán, E., A. Acero y M. Grijalba-Bendeck. 2009. Presencia de *Remorina albescens* (Perciformes: Echeneidae) en el Caribe colombiano, incluyendo una clave. Bol. Invest. Mar. Cost., 38(2): 241-247.
- Fernández-Alamos. M. 2000. Tomopterids (Annelida: Polychaeta) from the Eastern Tropical Pacific Ocean. Bull. Mar. Scien., 67(1): 45-53.
- Fernández, C.E. y C.B. García. 1999. The dinoflagellates of the Genera *Ceratium* and *Ornithocercus* collected in the Golfo de Salamanca, Colombia Caribbean Sea. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 22(85): 539-559.
- Fernández, C.E., L.A. Vidal, y C.B. García. 1999. Guide for the identificación of diatoms found in the Gulf of Salamanca, Central Colombian Caribbean: Estudio ecológico-pesquero de los recursos demersales del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano, estimación de la variabilidad de los componentes biológicos del sistema. 245 p.

- Fierro Rengifo, M., G. Navas, A. Bermúdez y N.H. Campos. 2008. Lista de chequeo de las familias Galatheididae y Chirostylidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) del Neotrópico. *Biota Colombiana*, 9(1): 1-20.
- Fisco, P. 2006. Contribución al conocimiento de la subclase copépoda (Milne-Edwards, 1840) en un ecosistema estuarino del Caribe colombiano (bahía de Cispatá) durante los meses de agosto a diciembre de 2005. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 99 p.
- Flórez, L. 1983. Inventario preliminar de la fauna hydroide de la bahía de Cartagena y áreas adyacentes. *Bol. Mus. Mar*, 11: 112-140.
- Flórez-González, L. y J. Capella. 2006. Mamíferos marinos. En: Informe Nacional sobre Avances en el Conocimiento e Información en Biodiversidad 1998-2004 INACIB.
- Flórez-González, L., J. Capella y P. Falk. 2004. Guía de campo de los mamíferos acuáticos de Colombia. Tercera edición. Editorial Sepia Ltda., Cali, Colombia. 124 p.
- Flórez, P. y E. Montoya-Cadavid. 2004. Briozoos de la plataforma continental y el talud superior del Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 334 p.
- Flórez, P., E. Montoya-Cadavid, J. Reyes y N. Santodomingo. 2007. Briozoos cheilostomados del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 36: 229-250.
- Fonseca-Camelo, A. 2000. Polychaeta y Chaetognatha del Pacífico Colombiano, cruceros oceanográficos Pacífico XXIX - Erfen XXVII / Mayo 98; Pacífico XXX- Erfen XXVIII - Octubre-98 y Pacífico XXXI - Erfen XXIX / Mayo 99 . Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 78 p.
- García, A. 2005. Aspectos biológicos y pesqueros de tres especies de Anguilliformes: *Gymnothorax equatorialis* (Pisces: Muraenidae), *Ophichthus frontalis* y *Echiophis brunneus* (Pisces: Ophichthidae) en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 147 p.
- García I. 2001. Efectos de los eventos El Niño y La Niña sobre las comunidades de fitoplancton al interior de la ensenada de Tumaco (Colombia). *Bol. Cient. CCCP*, 8: 15-25.
- García, D. y F. Amaya. 1998. Distribución abundancia y descripción de larvas de peces Clupeidae y Engraulidae, durante dos temporadas de evaluación, en la región nororiental del Caribe Colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 100 p.
- García-Hansen, I. y I. Malikov. 2003. Comportamiento de diatomeas y dinoflagelados en la Ensenada de Tumaco bajo la influencia de las épocas climáticas durante el período 1995-2000. *Bol. Cient. CCCP*, 9: 22-23.
- García-Hansen, I., R. Cortés-Altamirano y A. Acero. 2004. La marea roja causada por el dinoflagelado *Alexandrium tamarense* en la costa pacífica colombiana (2001). *Rev. Biol. Trop.*, 52(11): 59-68.
- García-Díaz, X., L. Gusmao de Oliveira y Y. Herrera. 2008. Influencia de los eventos climáticos el niño y la niña en la comunidad de Chaetognatha de las aguas superficiales del océano Pacífico colombiano. *Rev. Bra. Engen. Pesc.*, 3(1): 30-50.

- Garrido-Linares, M. 2005. Revisión taxonómica y distribución geográfica de *Neobythies gilli*, *N. ocellatus* y *N. monocellatus* (Ophidiiformes, Ophidiidae) en el Caribe colombiano. Santa Marta. Tesis Biol. Univ. Javeriana. 93 p.
- Garrido-Linares, M. y A. Acero. 2006. Peces Ophidiiformes del Atlántico Occidental tropical con especial énfasis en el mar Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 7(2): 283-299.
- Giraldo, A. 2007. Evaluación de medianos pelágicos en el Pacífico colombiano: Componente oceanográfico, bentónico y pesquero. Informe INCODER. 132 p.
- Giraldo, R. y S. Villalobos. 1983. Anotaciones sobre la distribución de zooplancton superficial de San Andrés y Providencia. *Bol. Fac. Biol. Mar.*, 1: 1-6.
- Giraldo, A. y E. Gutiérrez. 2007. Composición taxonómica del zooplancton superficial en Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Invest. Mar., Valparaíso*, 35(1): 117-122.
- Godoy, D. y J. Escobar, 1984. Descripción, distribución y abundancia del ictioplancton para el archipiélago de San Andrés y Providencia (Crucero Océano V Área I. Septiembre - Octubre, 1981). Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 479p.
- Gómez, L.S. 2006. Caracterización de la ictiofauna de la reserva ecológica manglares Cayapas-Mataje (REMACAM), Pacífico ecuatoriano y la reproducción de *Eucinostomus curreni*, *Mugil cephalus* y *Selene peruviana*. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 100 p.
- Gómez-Soto, C.E., T. Rico, N.E. Ardila y A. Sanjuan-Muñoz. 2007. *Lithophaga nigra* (D'orbigny, 1853) (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae), primer registro para el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 36: 317-320.
- Gómez-Lemos, L., N. Cruz y N. Campos. 2008. Nuevos registros de crustáceos Brachyura y ampliación de la distribución de algunas especies para el Mar Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 37(1): 51-60.
- González, I.A. 2003. Determinación del grado de variabilidad y divergencia genética del mangle blanco (*Leguncularia racemosa*) en seis zonas de la costa pacífica colombiana. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 179 p.
- González, D., O.D. Solano y G. Navas. 2002. Equinodermos colectados por la expedición CIOB-INVEMAR-SMITHSONIAN entre Cartagena y el Golfo de Urabá (29-380 m), Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 31:85-132.
- Gracia A., N. Ardila y J.M. Díaz. 2002 Cefalópodos (Mollusca: Cephalopoda) del talud superior del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 31: 219-238.
- Gracia, A.C. y N.E. Ardila. 2004 Notas sobre el quitón *Leptochiton binghami* (Boone, 1928) (Mollusca: Polyplacophora) en el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 33: 245-248.
- Gracia, A., N.E. Ardila y J.M. Díaz. 2004. Gastropods collected along the continental slope of the Colombian Caribbean during the INVEMAR-Macrofauna campaigns (1998-2001). *Iberus*, 22(1): 43-75.
- Gracia, A. y J. Vera-Peláez. 2004. *Thatcherina diazi*, nueva especie actual del género fósil del Plioceno *Thatcherina*. Vera-Peláez, 1998 (Gastropoda, Turridae) del Caribe colombiano: consideraciones estratigráficas, biogeográficas y filogenéticas. *Pliocénica*, 4: 1-10.

- Gracia, A., J.M. Díaz y N.E. Ardila. 2005a. Quitones (Mollusca: Polyplacophora) del mar Caribe colombiano. *Biota colombiana*, 6(1): 117-125.
- Gracia, A.C., N.E. Ardila, P. Rachello y J.M. Díaz. 2005b. Additions to the scaphopod fauna (Mollusca: Scaphopoda) of the Colombian Caribbean. *Caribb. Jour. Scien.*, 41(2): 328-334.
- Gracia, A. y N. Ardila. 2009. *Striocadulus magdalenensis* a new deep-sea scaphopod (Scaphopoda: Gadilidae) from the Colombian Caribbean. *Bol. Inv. Mar. Cos.*, 38(1): 143-150.
- Grijalba-Bendeck M. y K. Acevedo. 2009. *Mitsukurina owstoni* Jordan (Chondrichthyes, Mitsukurianidae) primer registro para el Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38(1): 211-215.
- Guerra-García, J.M., K. Krapp-Schickel y H.G. Müller. 2006. Caprellids from the Caribbean coast of Colombia, with description of there new species and a key for species identification. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 35: 149-194.
- Gutiérrez, C.F. 1999. Aspectos del crecimiento en algunas especies de peces en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano y análisis preliminares en sus otolitos (sagita). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 94 p.
- Gutiérrez, E. 2004. Estructura de la comunidad zooplanctónica del océano Pacífico colombiano y su relación con variables físicas, químicas y biológicas. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 147 p.
- Guzmán, P.A. 2003. Crecimiento, madurez sexual y dimorfismo sexual de *Littoraria zebra* y *L. variegata* (Mollusca: Mesogastropoda) en un manglar de Bahía Málaga, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 103 p.
- Guzmán-Alvis, A.L., O.D. Solano, M.E. Córdoba-Tejada y A.C. López-Rodríguez. 2001. Comunidad macroinfaunal de fondos blandos someros tropicales (Caribe colombiano). *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 30(1): 39-66.
- Henao, H. 2001. Evaluación de la variabilidad genética y morfológica del mangle negro *Avicennia germinans* en dos zonas de la costa pacífica colombiana. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 198 p.
- Herrón, P.A. 1999. Duración de vida larvaria y crecimiento post- asentamiento en pargos arrecifales (Pisces: Lutjanidae) del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 147 p.
- INVEMAR. 2000. Programa nacional de investigaciones en biodiversidad marina y costera PNIBM. Plan de acción 2001- 2010. Díaz, J.M. y D.I. Gómez (Eds). Santa Marta. INVEMAR, FONADE y Ministerio del Medio Ambiente. 83 p.
- INVEMAR, (Eds). 2010. Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, INVEMAR No. 20. 458 p.
- INVEMAR-ANH. 2008. Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos. Editores. Informe técnico final, Santa Marta, 461 p. + Anexos.
- IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 24 February 2011.

- Jacome, E. 2000. Chaetognathos del Caribe Colombiano en la época húmeda mayor de 1997. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 140 p.
- Lara, G. y H. Cabra. 1984. Dinámica y distribución de larvas y juveniles de peces de las especies pelágicas de interés comercial en el archipiélago de San Andrés y providencia (Cruceros Océano VI, VII, VIII Área I 1983-1984). Reconocimiento preliminar. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 150 p.
- Larrahondo, M. y R. Serrano. 1981. Composición planctónica de la bahía Cartagena y algunas consideraciones ecológicas e hidrográficas. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 71 p.
- Lattig, P. y J. Reyes. 2001. Nuevos registros de corales azooxanthelados (Anthozoa: Scleractinia:) del Caribe colombiano (200-500 m). Bol. Invest. Mar. Cost., 30: 19-38.
- Lazarus-Agudelo, J. 2006. Composición taxonómica y estructura poblacional de porcelánidos (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) en las Bahías de Buenaventura y Málaga (Pacífico colombiano). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 103 p.
- Lemaitre, R. y R. Álvarez-León. 1992. Crustáceos decápodos del Pacífico colombiano: lista de especies y consideraciones zoogeográficas. An. Int. Inv. Mar. Punta Betín, Colombia, 21: 33-76.
- Lemaitre, R., N. Campos y A. Bermúdez 2001. A new species of *Pyromaia* from the Caribbean sea, with a redescription of *P. propinqua* Chace, 1940 (Decapoda: Brachyura: Majoidea: Inachoididae). Jour. Crust. Biol., 21(3): 760-773.
- León, J. 2004. Atributos estructurales de la comunidad mezooplanctonica de "CGSM" durante el periodo de ago. 2001 - May. 2002. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 118 p.
- López, A.C. y C. García. 2001. Postlarvas y juveniles de camarones *Farfantepenaeus* spp. y *Xiphopenaeus kroyeri* en la Boca de la Barra (Ciénaga Grande de Santa Marta), Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 30: 177-198.
- López-Celeron, D.A. 2009. Aspectos estructurales de la comunidad zooplanctonica durante pulsos de surgencia costera en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 130 p + Anexos.
- López de Mesa, L.A. 2006. Eficiencia de tres tipos de trampas en la colecta de poliquetos en un manglar de la Bahía de Buenaventura. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 121 p.
- López, R. 1993. Estudio preliminar del ictioplancton de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano) Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente, 32(1 y 2): 79-90.
- López-Peralta, R. 1984. Descripción, distribución y abundancia del ictioplancton entre 0 y 10 metros de profundidad para el Pacífico colombiano (Nov-Dic. de 1982). Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 231 p.
- López, R. y A. Bernal. 1990. El zooplancton de las aguas costeras. En: Díaz, J. M. 1990. Estudio ecológico integrado de la zona costera de Santa Marta y Parque Nacional Natural Tayrona. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. INVEMAR. 164-229 p.
- López-Peralta, R. y J. Palomino. 2005. Abundancia y composición de sifonóforos del Océano Pacífico. Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN) - Colombia.

- Memorias XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. COLACMAR (Viña de Mar, Chile). p 312.
- López-Peralta, R. y D. Castañeda-Suárez. 2009. Probable influencia de algunas variables abióticas y bióticas sobre la distribución de paralarvas de cefalópodos en la capa de mezcla en el Océano Pacífico colombiano. Memorias XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. COLACMAR, 26-30 Octubre. La Habana, Cuba. 2443 p.
- López-Peralta, R. y D. Tovar-Casallas. 2009. Familias de crustáceos decápodos halladas en el mesozooplankton superficial en el Océano Pacífico Colombiano, durante septiembre de 2003. Resultados preliminares. Memorias XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. COLACMAR, 26-30 Octubre. La Habana, Cuba. 2443 p.
- López, R. y A. Baldrich. 2010. Hidromedusas del océano Pacífico colombiano: Catálogo básico de identificación rápida I. Panamericana. Universidad Militar Nueva Granada. Formas e impresos S.A. 79 p.
- Lovatelli, A., C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.F. Hamel y A. Mercier (Eds). 2004. Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463. Roma, Italia.
- Lozano, F. 1986. Determinación de biomasa y su variación espacio-temporal de la comunidad zooplanctónica nerítica de la bahía de Santa Marta; Caribe Colombiano y contribución a la situación del zooplancton en las instituciones socioeducativas colombianas. Tesis Biol. Univ. Javeriana. 89 p.
- Lozano, S. 1999. Asentamiento de peces arrecifales en la isla Gorgona (Pacífico Oriental Tropical): ciclos lunares, ciclos mareales y variación espacial. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 114 p.
- Lozano-Duque, Y., L.A. Vidal y G. Navas. 2010. Listado de diatomeas (Bacillariophyta) registradas para el mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(1): 83-116.
- Manjarrés, L., J. Torres, A. Vergara, G. Rodríguez, J. Viaña y J. Correa. 1994. Crucero de evaluación de recursos demersales en el Caribe Colombiano VECEP/DEMER/9401. Informe final. RA-01. 52 p.
- Manjarrés, L., J. Torres, G. Rodríguez, A. Vergara, E. Arteaga, J. Viaña, J. Arévalo, R. Galvis, J. Rodríguez, F. Amaya, D. García, J. Paramo y G. León. 1997. Crucero de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe Colombiano VECEP/UE/PELAG/9703. Informe final. RA-009. 34 p.
- Manjarrés, L., J. Torres, G. Rodríguez, A. Vergara, E. Arteaga, J. Viaña, J. Arévalo, R. Galvis, J. Rodríguez, F. Amaya, D. García, J. Paramo, G. León. 1998a. Crucero de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe Colombiano VECEP/UE/PELAG/9707. Informe final. RA-014. 47 p.
- Manjarrés, L., J. Torres, G. Rodríguez, A. Vergara, E. Arteaga, J. Viaña, J. Arévalo, R. Galvis, J. Rodríguez, F. Amaya, D. García, J. Paramo y G. León. 1998b. Campaña de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe Colombiano - INPA-VECEP/UE/PELAG/9711 Informe Final. Agosto de 1998. RA-017. 57 p.

- Manjarrés, L., J. Torres, G. Rodríguez, A. Vergara, E. Arteaga, J. Viaña, J. Arévalo, R. Galvis, J. Rodríguez, F. Amaya, D. García, J. Paramo y G. León. 1998c. Campaña de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe Colombiano - INPA-VECEP/UE/PELAG/9804 Informe Final. RA-018. 58 p.
- Manjarrés, L. A. Vergara, J. Torres, G. Rodríguez, E. Arteaga, J. Viaña, J. Arévalo y R. Galvis. 2005. Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el mar Caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas. Parte 1. Crucero INPA-VECEP/UE/DEMÉR/9507 (Julio de 1995). Rev. Intropic., 2: 51-86.
- Marino, S. y J. Merchán. 1993. Estimación cuantitativa y descripción cualitativa del zooplancton del noreste de La Guajira (Puerto Estrella y Punta Espada) y su relación con parámetros físico-químicos del agua. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 156 p.
- Martínez-Barragan, M. 2006. Composición y abundancia del zooplancton de las islas de Providencia y Santa Catalina (Caribe Colombiano), durante la época climática lluviosa (Octubre - Noviembre) de 2005. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 119 p.
- Martínez, N. 2007. Evaluación de la estructura y composición de la fauna mesozooplancónica en la Bahía de Cartagena de marzo a noviembre de 2005. Tesis Biol. Univ. Atlántico. 81 p.
- Martínez, T. 2007. Composición, distribución y abundancia del mesozooplancton en la corriente colombiana Pacífico colombiano durante marzo 2006. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 104 p.
- Martínez-Aguilar, T., A. Giraldo y E. Rodríguez-Rubio. 2010. Ictioplancton en la zona costera del Pacífico colombiano durante la fase terminal de El Niño 2006-2007. Lat. Am. J. Aquat. Res., 38(1): 151-166.
- Martínez-Barragán, M., J. Medina Calderon, A. Franco-Herrera y A. Santos-Martínez. 2009. La comunidad de copépodos (Crustacea) en las Islas de Providencia y Santa Catalina (Caribe Colombiano) durante el período lluvioso de 2005. Bol. Invest. Mar. y Cost., 38(1): 85-103.
- Martínez-Ramírez, O., M. Grijalba-Bendeck, C. Trujillo-Arcila y A. Acero. 2009. Primer registro de *Liopropoma carmabi* (Perciformes, Serranidae) para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 38(1): 205-209.
- Mauna de los Reyes, J. y F. Rodríguez. 1994. Tunicados planctónicos, posibles indicadores biológicos del fenómeno El Niño. Memorias IX Seminario Nacional Ciencia y Tecnología del Mar y Congreso Latinoamericano en Ciencias Marinas. 119.
- MAVDT. 2002. Tortugas marinas y continentales en Colombia. Programa Nacional para la Conservación. 113 p.
- Maya, M.F. 2004. Variaciones espacio-temporales de los invertebrados planctónicos afuera de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 109 p.
- Medellín-Mora, J., N.H. Campos, A. Franco-Herrera y J.C. Jaimes. 2009. Taxonomía de larvas zoea de crustáceos decápodos en el área nororiental del Mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost. 38(2): 55-73.

- Medellín-Mora, J. y G. Navas, 2010. Listado taxonómico de copépodos (Arthropoda: Crustacea) del Mar Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 39(2): 249-291.
- Medellín-Mora, J. y O. Martínez-Ramírez. 2010. Distribución del mesozooplancton en aguas oceánicas del mar Caribe colombiano durante mayo-junio de 2008. En: INVEMAR (Eds). 2010. Biodiversidad del Margen Continental del Caribe colombiano. Serie de Publicaciones Especiales, INVEMAR No. 20. 458 p.
- Medina, L. 1997. Comportamiento del fitoplancton en el área del Pacífico colombiano, años 1995-1997. Bol. Cient. CCCP, 6: 95-108.
- Medina, L. 1998. Cambios en la composición y abundancia de la comunidad microalgal del Pacífico colombiano, en relación con el evento El Niño 97-98. Bol. Cient. CCCP, 7: 58-66.
- Medina, J.A., A. Acero, J. Viaña y L. Manjarrés 2001. Primer registro de *Chilomycterus reticulatus* (Linnaeus) (Pisces: Tetradontiformes: Diodontidae) para el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 30: 213-218.
- Mejía, L. 2008. Variación espacio temporal de la larva de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), de abril a agosto de 2008, en la Bahía de Cispata, Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 84 p.
- Mejía, L.S. y A. Acero. (Eds). 2002. Libro rojo de peces marinos de Colombia. INVEMAR, Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. La serie de Libros Rojo de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. 180 p.
- Mejía, L.M., R. Betancur, A. Acero y G. Zarza. 2002. Presencia de *Arius grandicassis* en el Caribe colombiano, incluyendo una clave para la identificación de los peces de la familia Ariiidae en el área. Bol. Invest. Mar. Cost., 31: 5-13.
- Mejía, L.M., A. Acero, L.S. Mejía y A. Polanco. 2007. Revisión taxonómica de la familia Antenariidae para Colombia (Pisces: Lophiiformes), incluyendo un nuevo registro de *Antennarius*. Bol. Invest. Mar. Cost., 36: 269-306.
- Mejía-Falla, P., A. Navía, L. Mejía-Ladino, A. Acero y E. Rubio. 2007. Tiburones y rayas de Colombia (Pisces: Elasmobranchii): lista actualizada, revisada y comentada. Bol. Invest. Mar. y Cost., 36: 111-149.
- Merchán-Cepeda A., N. Hernando Campos, A. Franco y A. Bermúdez. 2009. Distribución y datos biológicos de los cangrejos ermitaños (Decápoda: Anomura) del Mar Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 38(1): 121-142.
- Michele, H. y M. Foyo. 1976. Studies of Caribbean zooplankton. Cooperative investigations of the Caribbean and adjacent regions-II. Symposium on Progress in Marine Research in the Caribbean and Adjacent Regions. FAO Fisheries Report. 200: 275-289.
- Miloslavich P, J.M. Díaz, E., Klein, J.J. Alvarado y C. Díaz *et al.* 2010. Marine biodiversity in the Caribbean: Regional estimates and distribution patterns. PLoS ONE, 5(8): e11916. doi:10.1371/journal.pone.0011916.
- Miloslavich P, E. Klein, J.M. Díaz, C.E. Hernández y G. Bigatti *et al.* 2011. Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific coasts of South America: Knowledge and gaps. PLoS ONE 6(1): e14631. doi:10.1371/journal.pone.0014631.

- Moncaleano, A., L. Niño. 1976. Celenterados planctónicos de la bahía de Cartagena. Descripción, distribución y notas ecológicas. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 236 p.
- Monroy-Marulanda, J. 1978. Grupos zooplanctónicos del Pacífico colombiano relacionados con las variables oceanográficas Crucero P.P. IV - Área I. Seminario sobre el Océano Pacífico Sudamericano (1: Septiembre 1 a 5 de 1976: Cali). 1: 320-359.
- Monsalve, B. 1976. Copépodos del Pacífico colombiano cruceros Pacífico V y VI (1976). Div. Pesq., 18(3,4): 2-9.
- Monsalve, B. y R. Parra. 1982. Biomasa y composición del zooplancton y su relación con algunas propiedades físico-químicas del Pacífico colombiano. Bol. Cient. CIOH, 4: 15-31.
- Montoya-Cadavid, E., P. Flórez y J.E. Winston. 2007. Checklist of the marine bryozoa of the Colombian Caribbean. Biot. Col., 8(2): 159-184.
- Montoya-Cadavid E. y P. Flórez. 2008. Aporte al conocimiento de los briozoos de Malpelo, Pacífico colombiano. Seminario Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar. XIII SENALMAR. San Andrés, Colombia. 428 p.
- Montoya, M., M. Calero y C. Uribe. 2008. Caracterización del zooplancton en el agua de lastre de los buques internacionales que arriban al puerto de Santa Marta (Caribe colombiano). Bol. Cient. CIOH, 26: 164-178.
- Morales, G. 2001. Dinámica temporal y selección de hábitats de forrajeo para aves playeras en dos localidades de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 87 p.
- Moreno, A. 1998. Estructura poblacional de postlarvas de camarones Penaeidae en la bahía de Cispatá Golfo de Morrosquillo departamento de Córdoba Colombia. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 150 p.
- Mulford, A. 1985. Distribución de los chaetognatos en el archipiélago de San Andrés y Providencia y su relación con algunos parámetros físico-químicos Junio 1983. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 96 p.
- Müller, H.G. y F. Krapp. 2009. The pycnogonid fauna (Pycnogonida, Arthropoda) of the Tayrona National Park and adjoining areas on the Caribbean coast of Colombia. Zootaxa, 2319: 1-138.
- Muñoz, D.A. 2001. Estimación de la mortalidad embrionaria en nidadas reubicadas de tortuga laúd *Dermochelys coriacea* de acuerdo al método de colecta de huevos empleado. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 147 p.
- Muñoz, O.F. 1999. Aspectos de la biología (crecimiento, hábitos alimenticios y reproducción) de *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Parque Nacional Natural Gorgona, Colombia. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 128 p.
- Murillo, M.C. 2006. Evaluación de la dinámica poblacional de *Donax dentifer* durante una temporada del fenómeno climático de La Niña (noviembre 1999-noviembre 2000) en una playa arenosa de Bahía Málaga (Pacífico colombiano). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 138 p.

- Naranjo, L.G. 1979. Guía para identificar las aves marinas colombianas. Parte 1: Caribe. Informes Museo del Mar, 25: 66 p.
- Naranjo, L.G. 1980. Guía para identificar las aves marinas colombianas. Parte 2: Pacífico. Informes Museo del Mar, 26: 79 p.
- Narváez, K. 1999. Identificación y aspectos ecológicos de las esponjas del arrecife coralino de Playa Blanca, Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 86 p.
- Navas, G.R. y P. Lattig. 1999. Presencia de *Metalpheus rostratipes* (Pocock, 1980) (Crustacea: Alpheidae) en el Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 28(1): 181-184.
- Navas, G.R. y N.H. Campos C. 2001. Crustáceos estomatópodos colectados por los cruceros INVEMAR-MACROFAUNA, incluyendo dos nuevos registros para el Mara Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 30(1): 67-76.
- Navas, G.R., A. Bermúdez, N. Cruz y N.H. Campos. 2003. Galatéideos (Decapoda, Anomura, Galatheidae) del Caribe colombiano, incluyendo doce primeros registros. Bol. Invest. Mar. Cost., 32: 3-18.
- Navia, A.F. 2002. Aspectos de la biología de los elasmobranquios capturados como fauna acompañante del camarón en aguas someras del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 156 p.
- Neira, R. y J. Cantera. 2005. Composición taxonómica y distribución de las asociación equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico colombiano. Rev. Biol. Trop., 53 (3): 275-284.
- Niño, L. y O. Herrera. 1984. Distribución de huevos, larvas y juvenil de peces del Pacífico colombiano, área ERFEN y su relación con algunos predadores zooplanctónicos. IV Memorias Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Cartagena 26-29 de junio.
- Norena-Serna, J. 1972. Contribución al conocimiento de los copépodos pelágicos comunes, al sur del Pacífico ecuatorial Colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 98 p.
- Ochoa-Hinojosa, R. 1997. Abundancia y distribución de larvas planctónicas de algunos moluscos bivalvos en el Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. 76 p.
- Ortiz, M. y R. Lemaitre. 1994. Crustáceos anfipodos (Gammaridea) colectados en las costas del Caribe colombiano, al sur de Cartagena. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betín, 23: 119-127.
- Osorio D y F. Castillo. 1993. Relación climatológica de la temperatura superficial del Pacífico colombiano sobre el fitoplancton marino durante el Niño 1991-1992. Bol. Cient. CIOH, 14: 131-144.
- Ospina, A. 2004. Ecología reproductiva y colonialidad del piquero café *Sula leucogaster* (Aves: Sulidae), en el PNN Gorgona, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 107 p.
- Ospina, A. 2007. Caracterización molecular con AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphisms) del mangle nato (*Mora megistosperma*) en seis poblaciones de la costa pacífica colombiana. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 188 p.

- Park, T. 1970. Calanoid copepods from the Caribbean Sea and Gulf of Mexico. 2. New species and new records from plankton samples. *Bull. Mar. Scien.*, 20(2): 472-546.
- Payán, L.F. 2006. Aspectos taxonómicos, anatómicos y biológicos de la raya guitarra *Rhinobatos leucorhynchus* (Pisces: Rhinobatidae) en el Golfo de Tortugas, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 89 p.
- PCN, WWF, Instituto Alexander Von Humboldt y Ecotropico. 2007. Nuestras plantas: uso de las plantas en el territorio colectivo de los ríos Raposo y Mayorquín. Edit. Universidad del Valle. 59 p.
- Peña, I.I. 2003. Aspectos reproductivos y ecología trófica de *Lutjanus argentiventris*, *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) y *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Parque Nacional Gorgona (Pacífico colombiano). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 138 p.
- Peña V. y G. Pinilla. 2002. Composición distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría. *Rev. biol. mar. Oceanogr.*, 31(1): 67-81.
- Pérez, A.M. 2002. Análisis del crecimiento, reproducción, mortalidad y productividad de una población de *Cardita affinis* (Mollusca, Bivalvia, Carditidae) en Bahía de Málaga, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 108 p.
- Pérez, J.V. 2006. Tasa de crecimiento y rango habitacional de *Rhinoclemys nasuta* en Isla Palma - Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 116 p.
- Pineda-Polo, F. 1977. Taxonomy of chaetognaths of the Bight of Panama. *An. Inst. Invest. Mar. Punta Betin*, 9: 225-240.
- Portilla, J.A. 2003. Factores ambientales que influyen la distribución de la biomasa algal asociadas al manglar en la Bahía de Buenaventura (Pacífico colombiano). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 138 p.
- Polanco, A., J. Quintero-Gil, F. Cortés y G. Duque. 2009. Contribución al conocimiento de la fauna íctica en dos isóbatas (10 y 50 m) de la región de La Guajira, Caribe. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38(2): 145-163.
- Posada, T., A.L. Peña y G.R. Navas. 2010. Hidrozoos de la familia Aglaopheniidae de la plataforma continental y talud superior del Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 39(1): 67-82.
- Puentes, V., A.F. Navia, P.A. Mejía-Falla, J.P. Caldas, M.C. Diazgranados y L.A. Zapata Padilla (Eds). 2009. Avances en el conocimiento de tiburones rayas y quimeras de Colombia. Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia, 245 p.
- Pulido-López P.C. y A. López-Pinto 2002 Primer registro del calamar diamante *Thysanoteuthis rhombus* (Cephalopoda: Teuthida: Oegopsina) en el mar Caribe colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 31: 239-241.
- Purcell, S.W. 2010. Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico. Editado/compilado por Lovatelli, A., M. Vasconcellos y Y. Yimin. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura. No. 520. Roma, FAO. 169 p.
- Quiroga, S., N.E. Ardila y M. Bolaños. 2004. *Aphelodoris antillensis* Berg, 1897 (Opisthobranchia: Nudibranchia: Dorididae). *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 33: 229-231.

- Quiroga, S., M. Bolaños y M.K. Litvaitis. 2004. A checklist of polyclad flatworms (Platyhelminthes: Polycladida) from the Caribbean coast of Colombia, South America. *Zootaxa*, 633: 1-12.
- Ramírez, D.G. 2006. Aspectos ecológicos de la comunidad fitoplanctónica del océano Pacífico colombiano durante septiembre-octubre de 2004: producción primaria, biomasa y composición taxonómica. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 184 p.
- Ramírez, D. y A. Giraldo. 2003. Estructura comunitaria del fitoplancton de la cuenca Pacífica colombiana durante la campaña oceanográfica Pacífico XXXIX ERFEN XXXVII. *Bol. Cient. CCCP*, 13: 65-84.
- Ramírez, J., A. Franco-Herrera, D. Rincón y L. Castro. 2005. Tasa de producción de fecas y coprofagia en *Eucalanus subeutenius* (Copepoda: Calanoidea), bajo condiciones controladas de laboratorio. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 34: 193-209.
- Ramos, L.M. 2005. Caracterización de la comunidad fitoplanctónica de la Bahía de Santa Marta (Caribe colombiano). Tesis Biol. Univ. Magdalena. Santa Marta. 86 p.
- Renjifo, L.M., A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.H. Kattan y B. López-Lanús (Eds). 2002. Libro rojo de Aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 512 p.
- Rentería, B. 1977a. Dinámica zooplanctónica e hidrografía de la bahía de Cartagena. *Div. Pesq. Ministerio de Agricultura*, 10 (4-5): 1-14 p.
- Rentería, B. 1977b. Fauna planctónica de la CGSM y su relación con el medio. *Div. Pesq. Ministerio de Agricultura*. 10 (4-5): 1-15 p.
- Rentería, C. 2004. Estudio de la estructura y diversidad del estrato arbóreo y arbustivo de un bosque muy húmedo tropical, comunidad Santa Clara (Bahía de Buenaventura), como herramienta básica para su manejo y conservación. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 79 p.
- Reyes, J. 2000. Lista de los corales (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1(2): 164-176.
- Reyes, J. y L.M. Barrios. 1998. Estado actual del conocimiento de las anémonas en el Caribe y Pacífico colombiano. *Bol. Ecotropica* 33: 39-43.
- Reyes, J. y N. Santodomingo. 2002. Manual de identificación CITES de Invertebrados Marinos de Colombia. Medellín, Servigráficas. Serie de documentos generales INVEMAR, No. 8. Santa Marta, Colombia. 97 p.
- Reyes, J., N. Santodomingo y P. Flórez. 2010. Corales escleractinios de Colombia. INVEMAR Serie de Publicaciones Especiales, No. 14. Santa Marta, 246 p.
- Reyes-Nivia, M.C., A. Rodríguez-Ramírez y J. Garzón-Ferreira. 2004. Peces asociados a formaciones coralinas de cinco áreas del Caribe colombiano: listado de especies y primeros registros para las áreas. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 33: 101-115.
- Riascos, J.M. 1999. Dinámica poblacional de *Donax dentifer* (Hanley, 1843) (Mollusca: Bivalvia, Donacida) en Bahía Málaga, Pacífico colombiano durante el fenómeno "El Niño" 1997/1998. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 137 p.

- Roa-Varón A., L.M. Saavedra-Díaz, A. Acero P., L.S. Mejía M. y G.R. Navas. 2004. Nuevos registros de peces óseos para el Caribe colombiano de los órdenes Beryciformes, Zeiformes, Perciformes y Tetraodontiformes. Bol. Invest. Mar. Cost., 32: 3-24.
- Roa-Varón, A., L.M. Saavedra-Díaz; A. Acero y L.S.M. Mejía. 2007. Nuevos registros de peces para el Caribe colombiano de los órdenes Myctophiformes, Polymixiiformes, Gadiformes, Ophidiiformes y Lophiiformes. Bol. Invest. Mar. Cost. 36: 181-208.
- Roda, J., A.M. Franco, M.P. Baptiste, C. Múnera y D.M. Gómez. 2003. Manual de identificación CITES de aves de Colombia. 46 p.
- Rodríguez, J. 1996. Abundancia y distribución de larvas de peces demersales en el área suroccidental del Caribe Colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 110 p.
- Rodríguez, J., J. Alberico, M. Trujillo y J. Jorgensen (Eds). 2006. Libro rojo de los Mamíferos de Colombia. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. Colombia. 430 p.
- Rojas, P.A. y L.A. Zapata. 2006. Peces demersales del Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, Pacífico colombiano. Biota Colombiana, 7(2): 211-244.
- Rojas-Briceño, A., P. Patarroyo y A. Gracia. 2009. Preliminary report of recent brachiopods from the Colombian Caribbean Sea. Geol. Col., 34: 123-126.
- Roldán, A.M. 2007. Estudio de la estructura poblacional y diversidad genética del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en dos zonas de las costas colombianas separadas por el Istmo de Panamá utilizando marcadores moleculares microsatélites. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 65 p.
- Rosales, A. 2001. Contribución a la evaluación de los recursos ícticos, aspectos biológicos, reproductivos de la especie *Tylosurus crocodilus* fodiatus en el Golfo de Tribugá, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 149 p.
- Rosero, C.Y. 2003. Caracterización molecular por microsatélites y estudio de la diversidad ecológica y genética de tres poblaciones del mangle rojo *Rhizophora mangle* en la costa pacífica colombiana. Tesis de Maestría, Biología, Universidad del Valle, Cali.
- Rubio, E. y J. Angulo. 2003. Peces coralinos del Pacífico colombiano: incluye peces deportivos y comerciales. Edit. Universidad del Valle. 235 p.
- Rubio-Rincón, E.A., B. Beltrán-León, L.A. Zapata y C.C. Baldwin. 2006. Peces marinos de los órdenes Gadiformes, Ophidiiformes y Lophiiformes en aguas colombianas del Pacífico oriental tropical. Biota Colombiana, 7(2): 191-210.
- Rueda-Montenegro, C. 1984. Composición distribución y abundancia del ictioneuston en el Pacífico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta.
- Rueda-Montenegro, C. 1997. Distribución y abundancia de las larvas de lenguados de la familia Paralichthyidae en el Litoral Pacífico colombiano, durante, 1991. Simposio Colombiano de Ictiología (Santa Marta 7-10 Agosto de 1997). 72 p.
- Ruíz, P. 1966. Presencia de los géneros *Krohnita* y *Pterosagitta* (Phylum Chaetognata) en el litoral Caribe de Colombia. Caldasia 9(44): 354-363.

- Ruíz-López J.A. y A. Acero. 2005. Primer registro de *Anarchias galapagensis* (Pisces: Anguilliformes: Muraenidae) para el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Bol. Invest. Mar. y Cost., 34(1): 263-266.
- Saavedra-Díaz, L.M., A. Roa-Varón, A. Acero y L.S. Mejía. 2004. Nuevos registros ícticos en el talud superior del Caribe colombiano (órdenes Albuliformes, Anguilliformes, Osmeriformes, Stomiiformes, Ateleopodiformes, Aulopiformes y Pleuronectiformes). Bol. Invest. Mar. Cost., 33(1): 181-207.
- Salinas, L. 2001. Caracterización y estado de recuperación de los natales de la Ensenada de Virudo, municipio del Bajo Baudó, Chocó, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 94 p.
- Samper, A. 1970a. Contribución al conocimiento del zooplancton del mar Caribe colombiano de las estaciones 87 a 118, según la operación Océano I. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 82 p.
- Samper, E. 1970b. Contribución al conocimiento del zooplancton del Caribe colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 100 p.
- Sánchez-Pérez, S. 2001. Caracterización de la Comunidad Zooplanctónica Marina en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona Pacífico Colombiano. Tesis Ecol., Fund. Univ. Popayán. 106 p.
- Santana, A.M. 2005. Helmintos intestinales de peces comerciales de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 99 p.
- SCBD - Secretariat of the Convention on Biological Diversity y UNEP- United Nations Environment Programme. 2011. Press Release: A new era of living in harmony with Nature is born at the Nagoya Biodiversity Summit. 25/02/2011. <http://www.cbd.int/doc/press/2010/pr-2010-10-29-cop-10-en.pdf>.
- Segura, C.E. 2005. Algunos aspectos biológicos de *Oligoplites refulgens* (Pisces: Carangidae) en la bahía de Buenaventura y el golfo de Tortugas, Pacífico colombiano como fauna acompañante de la carduma *Cetengraulis mysticetus*. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 160 p.
- Segura, L. 1984. Morfología, sistemática y zoogeografía de las medusas (Cnidaria: Hydrozoa y Scyphozoa) del Pacífico Tropical Oriental. Publicación especial. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 314 p.
- Simone, L.R.L y A.C. Gracia. 2006a. Two New species of *Tebrera* (Gastropoda, Conoidea) from Colombia. Papéis Avulsos de Zoología, 64(11): 125-132.
- Simone, L.R.L y A.C. Gracia. 2006b. A new species of *Sturoglypta* from Colombia (Caenogastropoda, Columbellidae). Papéis Avulsos de Zoología, 46(12): 133-137.
- Soler, M. 2006. Técnicas para la observación y conteo de bandas vertebrales y estimación de la edad y crecimiento de la raya guitarra *Rhinobates leucorhynchus* (Pisces: Elasmobranchii). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 133 p.
- Soto, J.E. 2004. Morfometría del otolito como una herramienta para la estimación de la edad y el crecimiento de *Abudefduf concolor* (Pisces: Pomacentridae). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 97 p.

- Sournia, A., M. Chrétiennot-Dinet y M. Ricard. 1991. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean?. Jour. Plank. Resear., 13(5): 1093-1099.
- Steven, H. y W. Brown. 2001. Guía de las aves de Colombia. Traducido por Humberto Alvares López. Edit. Universidad del Valle. 112 p.
- Suleyma, C. 2001. Caracterización de la estructura fitoplanctónica en aguas del Pacífico colombiano y su relación con eventos asociados al fenómeno "El Niño" (FEN). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 116 p.
- Tobón, A. 2001. Aspectos preliminares de la biología de *Caranx caninus* y *Seriola rivoliana* (Pisces: Carangidae) y aportes al conocimiento de algunos aspectos ecológicos y pesqueros en la zona marina comprendida entre Cabo Corrientes y el corregimiento de Jobi, Chocó, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 103 p.
- Toral-Granda V., A. Lovatelli y M. Vasconcellos (Eds). 2008. Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Roma, Italia.
- Valencia, B. 2006. Presencia y composición del delfín moteado pantropical (*Stenella attenuata*) en el Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 119 p.
- Valencia, B. y A. Giraldo. 2009. Hipéridos (Crustacea: Amphipoda) en el sector norte del Pacífico Oriental Tropical colombiano. Lat. Am. J. Aquat. Resear., 37(2): 265-273.
- Valero, M. 1997. Larvas de moluscos bivalvos del Caribe colombiano II Variación temporal de abundancia en la región de Santa Marta y confirmación taxonómica de principales morfotipos. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 230 p.
- Vallejo M.Y. y A. Acosta. 2005. Lista de corales hermatípicos del Museo Javeriano de Historia Natural Lorenzo Uribe S.J., Colombia. Rev. NOVA, 3(4): 1-108.
- Vargas, C.A. 2002. Zoanthideos: Anthozoa: Hexacorallia del complejo arrecifal y litoral rocoso de la isla de San Andrés Caribe Colombiano. Tesis Biol. Univ. Javeriana. Bogotá, 130 p.
- Vargas, C.I. 2001. Insectos depredadores omnívoros y hormigas asociados al dosel de bosques de manglar (estuario del río Dagua, Pacífico colombiano). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 95 p.
- Varila, D. 2004. Diversidad y distribución de los Crustáceos Decápodos del Infraorden Brachyura de la plataforma continental y talud superior de la parte norte del Pacífico colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. p. 129.
- Vásques, A.I. 2007. Caracterización florística asociada al hábitat de Dendrobatidae (Amphibia: Anura) en la comunidad de pianguita (Bahía de Buenaventura). Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 109 p.
- Vergara, A., E. Arteaga y J. Rodríguez. 1999. Composición abundancia y distribución del ictioplancton del Caribe colombiano. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. Bol. Cient. (Suplemento especial), 6: 77-83.

- Wiebe, P., A. Bucklin, L. Madin, M. Angel, T. Sutton, F. Pagés, R. Hopcroft y D. Lindsay. 2010. Deep-sea sampling on CMarZ cruises in the Atlantic Ocean-an Introduction. Deep-Sea Research II, 57: 2157-2166.
- Young, P.S. y N.H. Campos. 1988. Cirripedia (Crustacea) de la zona intermareal e infra litoral de la región de Santa Marta, Colombia. An. Inst. Invest. Mar. Punta de Betín, Santa Marta 18: 153-164.
- Zamudio, J.A. 2007. Ecología trófica del piquero café (*Sula leucogaster elesiaca*) (Aves: Sullidae) en el Parque Nacional Natural Gorgona Pacífico colombiano. Tesis Biol. Univ. Valle. Cali. 118 p.
- Zapata, J. 1995. Identificación y distribución espacio-temporal de las larvas planctónicas de moluscos en la región de Santa Marta Caribe Colombiano. Tesis Biol. Mar., Univ. Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. 221 p.
- Zapata, F.A., A. Rodríguez-Ramírez, M. Rodríguez-Moreno, C. Muñoz y M. López-Victoria. 2007. Confirmation of the occurrence of the coral *Pavona chiriquiensis* Glynn, Maté and Stemann (Cnidaria: Anthozoz: Agariciidae) in the Colombian Pacific. Bol. Invest. Mar. Cost., 36: 307-312.
- Zea, S. 1998. Estado actual del conocimiento en sistemática de esponjas marinas (Porifera) del Caribe colombiano. Bol. Ecotrópica, 33: 45-59.
- Zea, S. y W.H. De Weerd. 1999. *Haliclona (Halidona) epiphytica* n. sp. (Porifera: Demospongiae: Haplosclerida), a seaweed-dwelling sponge from the Colombian Caribbean. Beaufortia, 49(13): 171-176.
- Zea, S. y E. Weil. 2003. Taxonomy of the Caribbean excavating sponge species complex *Cliona caribbaea*-*C. aprica*-*C. langae* (porifera, Hadromerida, Clionidae). Caribb. J. Sci., 39(3): 348-370.

ESTADO DE LOS RECURSOS SOMETIDOS A EXPLOTACIÓN

CAPÍTULO V



*Toma de muestra de camarón
de flota artesanal
(Fotografía: VAR-INVEMAR)*

10. Estado de los recursos sometidos a explotación

Mario Rueda, Efraín Viloria-Maestre, Farit Rico-Mejía, Danetcy Mármol,
Jorge Viaña Tous, Javier Gómez-Lleón, Marisol Santos-Acevedo,
Carlos Andrés Puentes-Acosta y Luz Marelvis Londoño-Díaz

Introducción

En esta sección se presenta la evaluación del estado de los recursos marinos sometidos a explotación durante 2010 en el área marino-costera de Colombia. El análisis se fundamenta en tres de los principales usos que tienen lugar en el país: (i) pesca, (ii) acuicultura y bioprospección marina y (iii) el uso de bienes y servicios ambientales desde un punto de vista de la valoración económica. La información para este análisis proviene de diversas instituciones académicas, de investigación, ONG y del manejo de los recursos marinos en el país. Se hace énfasis especial en los productos de proyectos de investigación y/o monitoreos realizados por el INVEMAR. El tema de pesquerías se desarrolla a partir de información oficial de estadísticas de pesca, identificando tendencias y aplicando indicadores de estado para casos específicos monitoreados por el INVEMAR. Para los temas de acuicultura, bioprospección y valoración económica, se determina el estado de avance de la investigación en el país, con insumos para su desarrollo de cara a las necesidades del país.

10.1 Recursos sometidos a explotación por pesca marina en Colombia

De acuerdo con la información registrada por la Corporación Colombia Internacional (CCI), las estimaciones de las capturas totales (pescados, moluscos y crustáceos) para el Pacífico continúan disminuyendo en 2010, descendiendo para este año alrededor de la mitad (47 %) con respecto al total de 2009 y en un 71 % con relación al promedio general del período analizado (1990-2009). Este dato de 2010 representa el menor valor de la producción pesquera del Pacífico en los últimos 20 años (Figura 10.1). Las capturas en el Caribe (excluyendo a San Andrés y Providencia, y la Ciénaga Grande de Santa Marta) presentan en los cuatro últimos años sus estimaciones más bajas del tiempo evaluado, registrando para 2010 un declive del 11.5 con respecto al 2009. El análisis de tendencia para la pesca en el Pacífico muestra una disminución significativa de las capturas en el tiempo ($r = -0.48$; $p < 0.05$); mientras que en el Caribe la tendencia muestra igualmente una disminución en el tiempo de las capturas, sin embargo, la misma no es significativa dada la alta variabilidad en los datos ($r = -0.26$; $p > 0.05$).

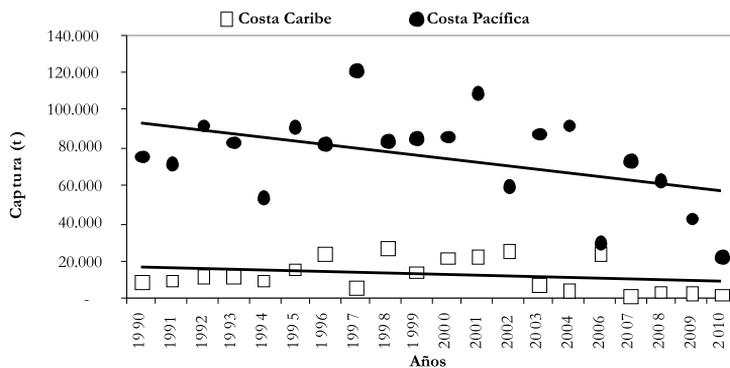


Figura 10.1 Producción pesquera interanual industrial y artesanal para el Caribe y Pacífico colombianos (1990-2010). Datos tomados del liquidado Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), del Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural (Incoder) y del Convenio MADR-CCI 2011.

10.1.1 Pesca industrial y artesanal en el Pacífico colombiano

En 2010 el desembarque total en el Pacífico fue de 22.672 t (79 % industrial y 21 % artesanal). En la pesca industrial los mayores desembarques corresponden a los peces atún (9.037 t) y carduma (6.653 t); sin embargo, se destaca para este año la fuerte disminución de la captura de atún (28.5 %) y el aumento de la carduma (23.6 %) con respecto a 2009 (Inveemar, 2010a). En la pesca artesanal (Figura 10.2) siguen sobresaliendo las capturas representadas por las especies sierra con 457 t, seguida por los pargos con 381 t, el atún con 329 t, la merluza con 286 t y el alguacil con 255 t. Las capturas de la sierra y el alguacil disminuyeron en 19 y 8 %, respectivamente, en comparación con las cifras de 2009; mientras que las especies restantes tendieron a aumentar sus capturas. En esta pesquería se extrae una gran variedad de especies, situación que se corrobora en la estimación de captura el componente mayor de otros peces (1831 t).

Entre los crustáceos, los camarones continuaron siendo la especie más capturada en 2010, tanto en la pesca industrial (508 t) como en la artesanal (1252 t), contra una mínima proporción de jaibas y langostas extraídas por la pesca artesanal (Figura 10.3). La producción pesquera de camarón industrial en 2010 mostró una evidente disminución en cerca del 56 % con referencia a 2009. Posibles causas de esta disminución se detallan en el numeral 10.3 de este capítulo, no obstante el impacto ambiental atribuido al fenómeno de La Niña ha sido expuesto como la causa más clara. El hecho que la pesca de camarón artesanal no disminuyera en 2010, añade otra causa a la caída de la pesca industrial, para la cual bajas sensibles en la biomasa disponible de recurso, unido a los altos costos del esfuerzo de pesca, desestimulan la operación de la flota industrial.

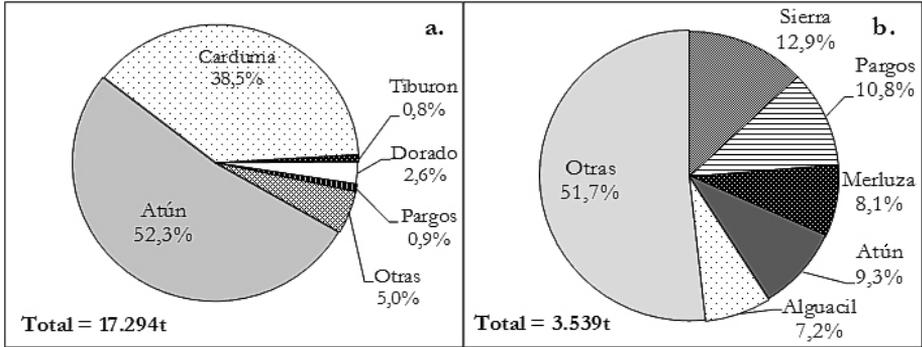


Figura 10.2 Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI 2011).

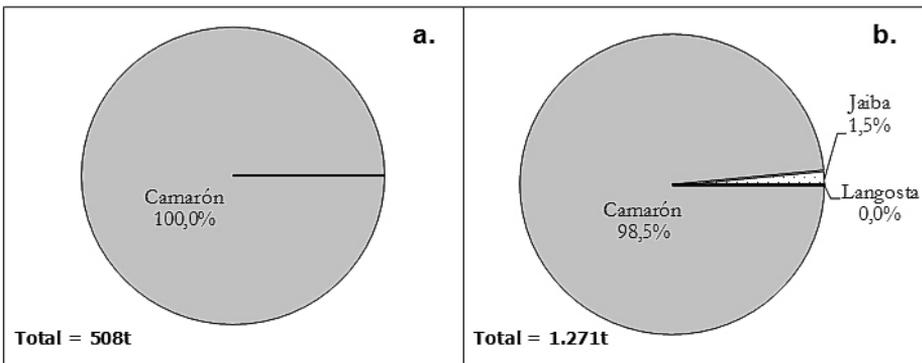


Figura 10.3 Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI 2011).

En cuanto a los moluscos la producción pesquera estimada en 2010 para el Pacífico bajó con respecto al 2009 de 107 t a 59 t (89 % artesanal y el 11 % industrial). La extracción se sustentó principalmente en calamares y caracoles para la pesca industrial con 5.1 t y 1.5 t, respectivamente. En la pesca artesanal sobresale la piangua con 49 t, seguida por los caracoles con 1.9 t, los calamares con 1.4 t y almejas con 0.03 t (Figura 10.4). Es muy importante señalar el fuerte descenso de la captura de piangua, la cual con respecto a 2009 cayó en un 47 %.

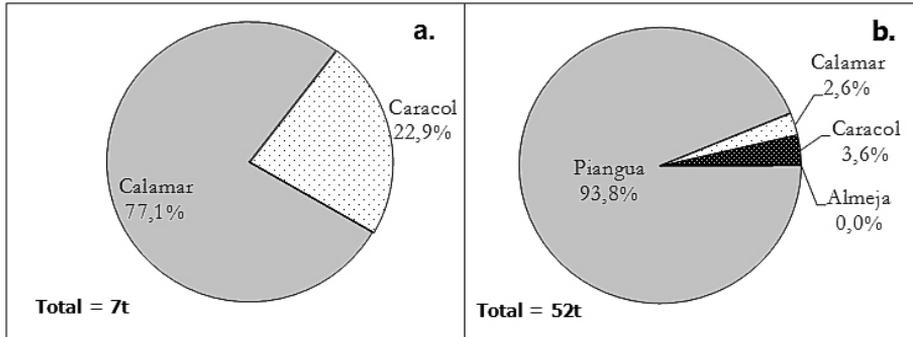


Figura 10.4 Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Pacífico colombiano para 2010. Fuente: Convenio MADR - CCI 2011.

10.1.2 Pesca industrial y artesanal en el Caribe colombiano

La producción pesquera en el Caribe para 2010 se estimó en 2632 t (41 % industrial y 59 % artesanal). La captura de peces en la pesca industrial aumentó marginalmente respecto a 2009 (INVEMAR, 2010a; Figura 10.5a) y estuvo representada principalmente por atunes (384 t), seguido por tiburones (216 t). En la pesca artesanal la captura desembarcada disminuyó marginalmente respecto a 2009 (Figura 10.5b) y estuvo representada principalmente por otras especies (924 t), seguidas por jureles (163 t), bocacolorá (121 t), lisas (101 t), bagres y sierras con 89 t y 82 t, respectivamente. El grupo misceláneo de otros peces es un indicador de la diversidad de especies que son extraídas por la pesca artesanal en el Caribe (Figura 10.5b).

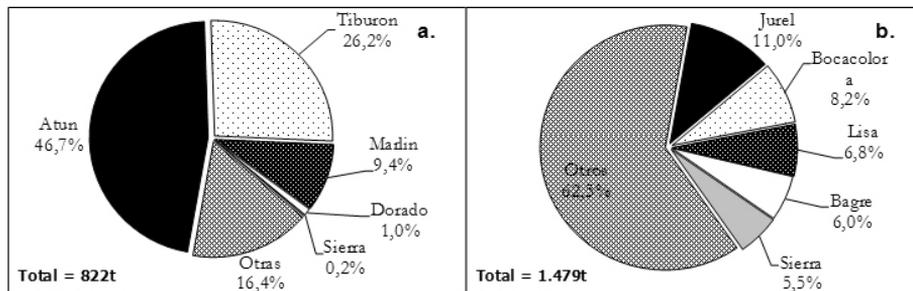


Figura 10.5 Composición de la captura de peces industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).



Para los crustáceos se estimó una captura de 219 t en la pesca industrial y 64 t en la artesanal. En ambas pesquerías disminuyeron los rendimientos respecto a 2009. Al igual que en el Pacífico, el recurso camarón es el más representativo con una extracción de 207 t en la pesca industrial (Figura 10.6a) y 52 t en la pesca artesanal (Figura 10.6b). Otro recurso importante fue la langosta con capturas de 11.5 t en la pesca industrial y 10.9 t en la artesanal.

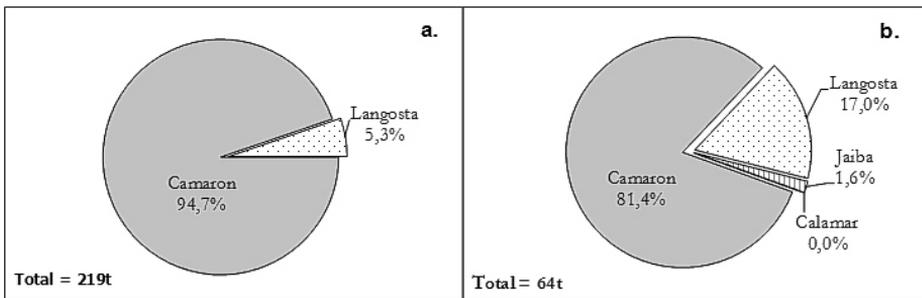


Figura 10.6 Composición de la captura de crustáceos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano para 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).

La pesca de moluscos en el Caribe continuó con aumentó gradual de 11.6 % con respecto a 2009. La pesca industrial fue mayoritariamente de calamares, con una mínima proporción de caracoles (Figura 10.7a); mientras la pesca artesanal estuvo representada por caracoles, ostras, chipichipi, calamares y pulpos (Figura 10.7b).

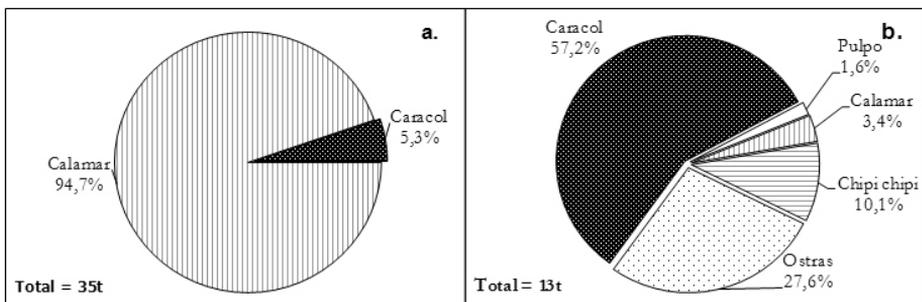


Figura 10.7 Composición de la captura de moluscos industrial (a) y artesanal (b) en el Caribe colombiano en el 2010. (Fuente: Convenio MADR-CCI-2011).

10.2 Pesquerías artesanales claves en Colombia

Con el propósito de dar conocer en detalle el estado actual de una de las pesquerías artesanales representativas del Caribe colombiano, se presenta el caso de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Los datos provienen de la información almacenada, procesada y analizada con el Sistema de Información Pesquera del INVEMAR (Sipein).

10.2.1 Producción pesquera en la CGSM

Desde 2000 hasta 2010 se ha estimado una producción total de 69199 t, con un promedio anual de 6291 t (\pm DE 1640 t). Conforme a lo mencionado en números anteriores del IEARMC, la pesca de peces ha variado entre años, presentándose altos rendimientos en 2000 (7776 t) y 2006 (7169 t) y bajos rendimientos en 2001 y 2002 (3463 t y 3390 t, respectivamente) (INVEMAR, 2010a). En 2010 la producción pesquera total fue de 4937 t, continuando el declive desde 2007. Una vez más en 2010, los peces fueron el grupo con mayor contribución (3800 t, equivalentes al 77 %), seguidos por los crustáceos con 894 t (18 %) y los moluscos con 242 t (5 %) (Figura 10.8). Se aclara que para este año la estadística se estimó con información entre febrero y diciembre, adicionando la falta de muestreo entre abril y junio en uno de los principales sitios de desembarco (Nueva Venecia). Esta ausencia de información incidió lógicamente en el estimado de producción pesquera de 2010.

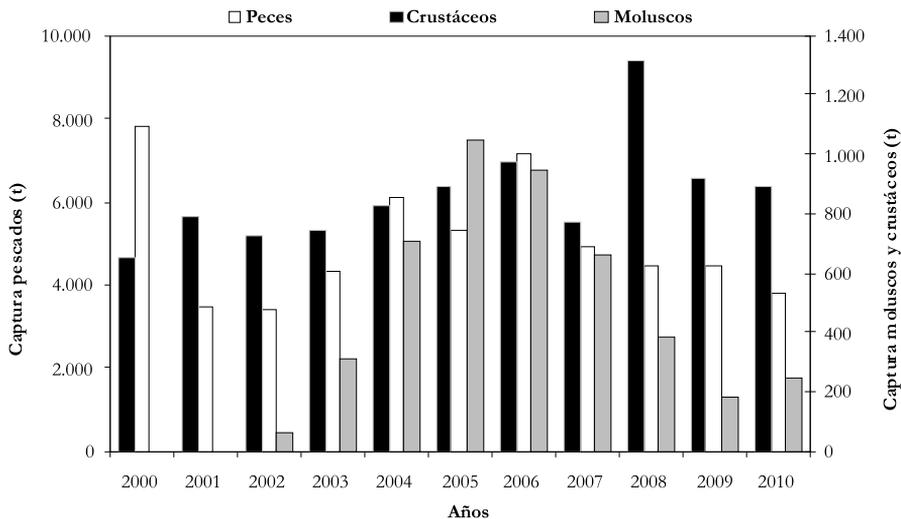


Figura 10.8 Variación anual de las capturas comerciales en la CGSM por grupos de especies (2000-2010).

Con respecto a los crustáceos, las capturas descendieron moderadamente respecto a 2009. Las jaibas siguen con mayor participación en las capturas (80 %), incidiendo en esta oportunidad la jaiba roja (*Callinectes bocourti*) como la más capturada (451 t). Lo anterior difiere con el patrón de capturas entre 2008 y 2009, donde la jaiba azul (*Callinectes sapidus*), fue la de mayor rendimiento, con promedio de 484 t (± 9 t). En cuanto a los camarones peneidos su nivel de captura en 2010 se incrementó marginalmente (2 %) con respecto a 2009, valorándose en este año en 181 t (Figura 10.9).

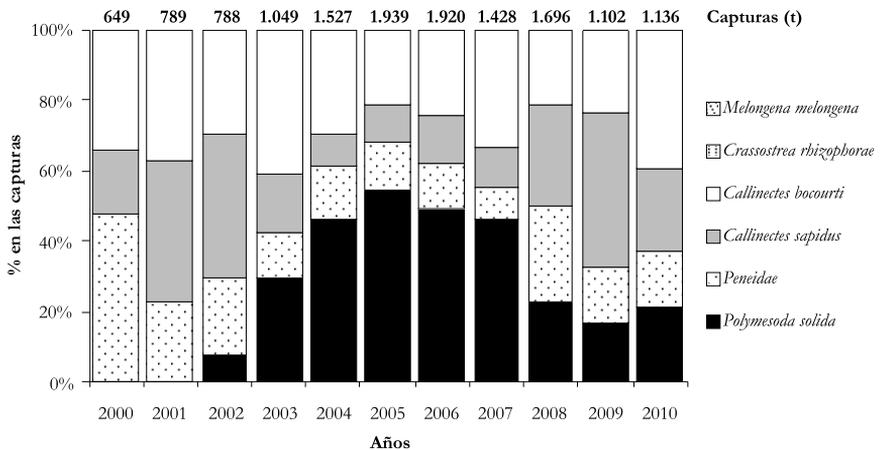


Figura 10.9 Composición de las capturas comerciales de moluscos y crustáceos (2000-2010).

Los moluscos, representados mayoritariamente por la almeja (*Polymesoda solida*), mostraron una leve recuperación (242.1 t) con respecto a las 183 t capturadas en 2009 (Figura 10.9). Sin embargo, este recurso requiere aún seguimiento al control de las medidas de manejo sugeridas en años anteriores por el INVEMAR. Se destaca la aparición puntual de la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) en 2007, sin volver a ser registrada en las capturas comerciales hasta 2010.

La captura anual de peces se redujo en un 15 % referente a 2009, manteniendo el número de especies en un nivel relativamente alto (65) (Figura 10.10). Las especies más representadas en las capturas fueron lisa (*Mugil incilis*), sábalo (*Megalops atlanticus*), mapalé (*Cathorops mapale*) y macabi (*Elops saurus*), con aportes al total de captura en 35.7 %, 16.2 %, 10 % y 9.6 %, respectivamente. Su dominancia fue producto de condiciones climáticas favorables desde finales de 2009 hasta el primer trimestre de 2010, relacionado con altas salinidades. Esta condición fue desfavorable para las

especies dulceacuicolas como la mojarra lora (*Oreochromis niloticus*). La situación de la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) continuó mejorando, al aumentar su producción un 16 % respecto a 2009, después de evidenciar signos de recuperación ese año.

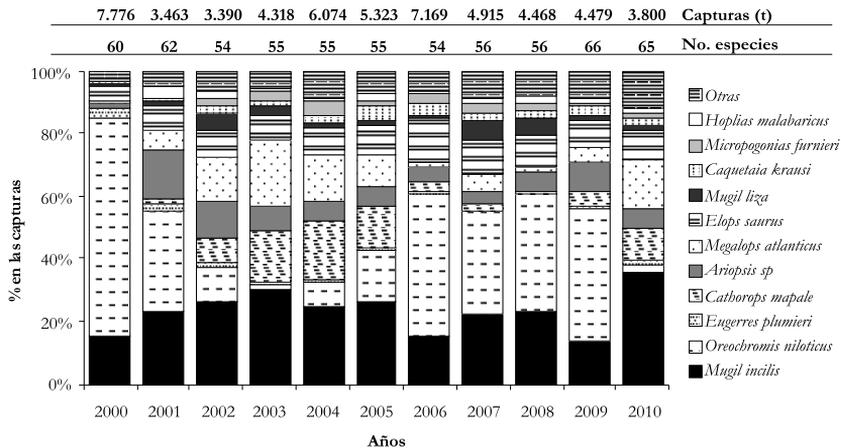


Figura 10.10 Composición de las capturas comerciales de peces para la CGSM (2000-2010).

La abundancia relativa multiespecífica de peces para los dos artes de pesca más usados en la CGSM a 2010, difirió significativamente entre años; tanto para la atarraya (Kruskal-Wallis Test: $H' = 73.02$; $n = 604$; $p < 0.05$), como para el trasmallo (red de enmalle fija) (Kruskal-Wallis: $H' = 44.86$; $n = 600$; $p < 0.05$). En 2010 la abundancia multiespecífica se mantiene similar a la de los años anteriores (Figura 10.11).

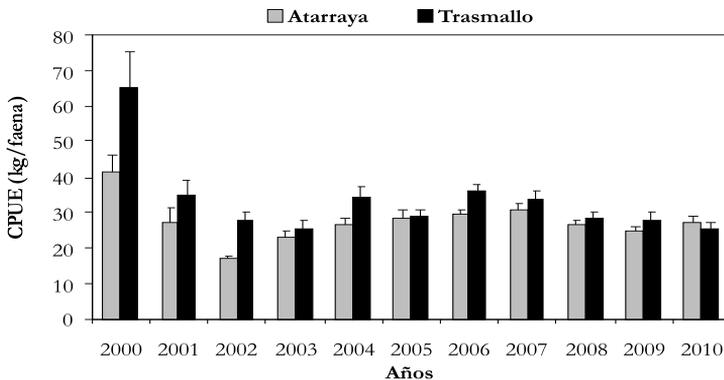


Figura 10.11 Variación anual de la abundancia relativa (CPUE promedio +EE) multiespecífica de peces para atarraya y trasmallo en la CGSM (2000-2010).

10.2.2 Estado de explotación en la CGSM

Los indicadores pesqueros usados para evaluar el desempeño de la pesquería en la CGSM son: (i) la captura multiespecífica promedio de peces, (ii) las tallas medias de captura de las principales especies y (iii) la renta económica percibida por la pesca. Para mayores detalles de los aspectos metodológicos en el análisis de indicadores pesqueros, se recomienda consultar el IEARMC 2002 (INVEMAR, 2003).

10.2.2.1 Captura multiespecífica promedio anual de peces

El punto de referencia límite (PRL) fue de 389 t, basado un 60 % de la máxima captura registrada desde el año 2000 y cuyo valor es equivalente a un escenario conservador del máximo rendimiento sostenible (Figura 10.12). El análisis de riesgo indicó que en 2010 la probabilidad de sobrepasar el PRL (capturar más del límite sugerido) fue muy baja. Esta probabilidad indicaría que la captura media anual extraída en 2010 está ligeramente por debajo del nivel de plena explotación, aunque por tratarse de una estimación para multiespecies implique riesgo de sobreexplotación para algunas especies.

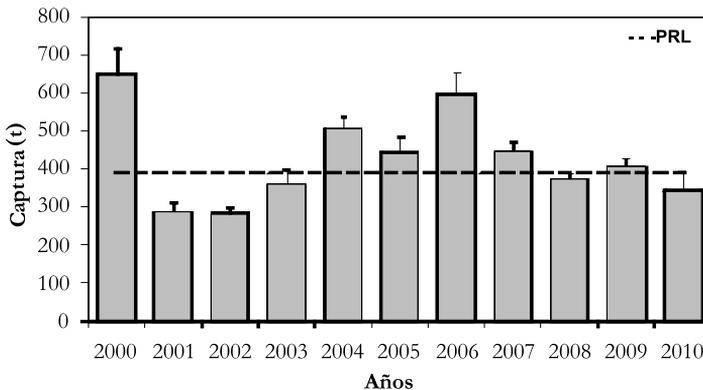


Figura 10.12 Variación anual de la captura promedio mensual (+EE) multiespecífica de peces y su ubicación respecto al PRL en la CGSM.

10.2.2.2 Talla media de captura (TMC)

Se compararon las tallas medias de captura (TMC) con respecto a la talla media de madurez sexual, de las principales especies comerciales de peces (PRL). Para el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) el riesgo fue moderado, ya que la TMC (32.2 ± 2.3 cm) en 2010 siguió por encima del valor del PRL (30 cm). Para el chivo cabezón (*Ariopsis* sp.) las probabilidades de riesgo siguen siendo altas, ya que la TMC

(29.1 ± 5.6 cm) se mantuvo muy por debajo de su PRL (41cm). La lisa (*Mugil incilis*) se mantiene en riesgo de sobreexplotación por reclutamiento, debido a que la TMC (22.5 ± 5.7 cm) está por debajo del PRL (23.8 cm). En el caso del mapalé (*Cathorops mapale*) su situación es similar a la de la lisa, cuando su TMC (19 ± 2.3 cm) sigue por debajo del PRL (23 cm). La mojarra rayada (*E. plumieri*) presenta riesgo bajo, ya que su TMC (22.9 ± 2.5 cm) está por encima del PRL (20 cm). El riesgo de la mojarra lora (*O. niloticus*) es bajo, debido a que su TMC (243 ± 5 cm) es superior al PRL (21.3 cm). Como se ha mencionado en los IEARMC anteriores (INVEMAR, 2004; 2005; 2006; 2007, 2008a, 2009 y 2010), la situación de tres especies tradicionales en esta pesquería (lisa, mapalé y chivo cabezón) es preocupante, debido a la poca selectividad de los artes de pesca usados, manteniendo el estado del recurso deprimido, con una prevalencia de individuos de tallas pequeñas (Figura 10.13).

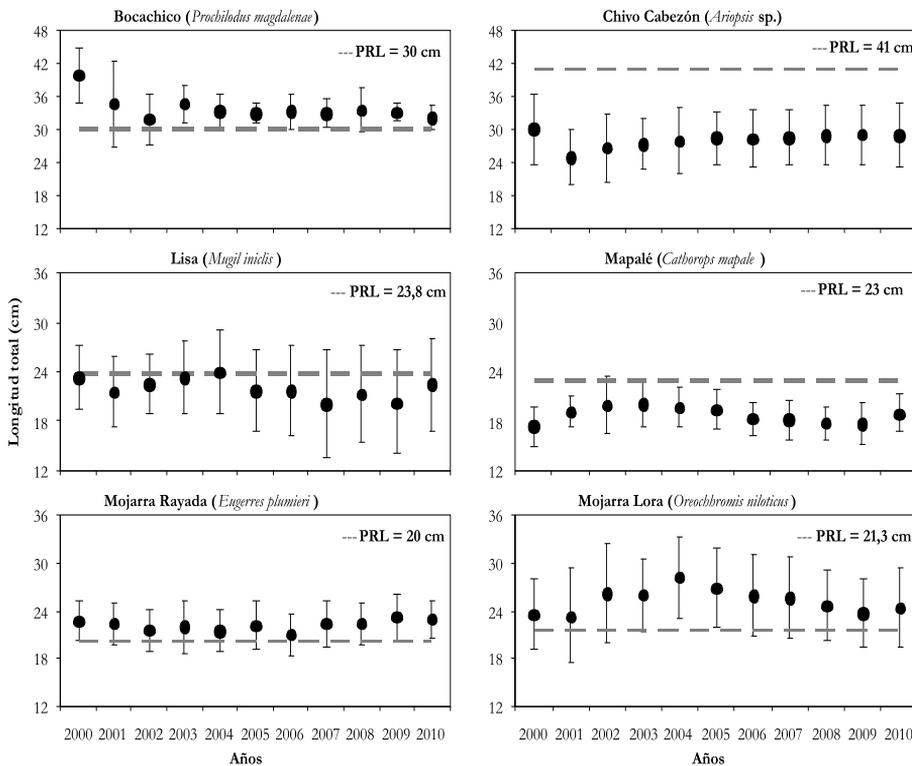
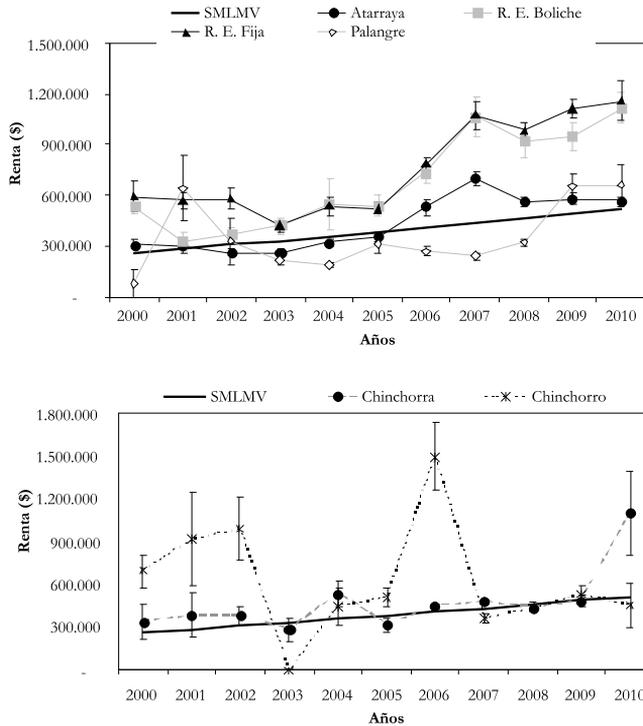


Figura 10.13 Variación anual de las tallas media de captura para las principales especies ícticas de la CGSM y su ubicación con respecto al PRL (talla media de madurez sexual).

10.2.2.3 Renta económica

La Figura 10.14 presenta el comportamiento de la renta económica mensual por pescador para las principales artes de pesca usadas en la CGSM, la cual se comparó con un punto de referencia objetivo: el salario mínimo legal mensual vigente (SMLMV). En 2010 la renta de los pescadores que utilizaron RE Fija (red de enmalle fija o trasmallo), boliche, palangre, chinchorra y releo se incrementó con respecto a 2009. Sin embargo, sólo las rentas económicas de la chinchorra, la atarraya, el palangre, el boliche y la RE Fija superaron la renta umbral de referencia (SMLMV= \$515.000 para 2010). Artes de pesca como el chinchorro, las nasas y releo generaron rentas por debajo del SMLMV, siendo el releo y las nasas, dirigidos a la pesca de camarón y jaiba, respectivamente, los que obtuvieron rentas más bajas (45 % por debajo del punto de referencia). Claramente, los artes de pesca que generan mayores ingresos (>\$1.100.000/mes) a los pescadores en la CGSM son la RE Fija, el boliche y la chinchorra, las cuales tienen como captura objetivo peces.



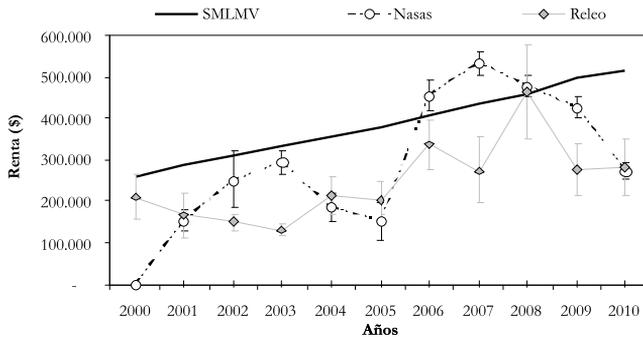


Figura 10.14 Variación anual de la renta económica promedio mensual (\pm EE) por pescador para los principales artes de pesca en la CGSM y su ubicación con respecto a una renta umbral: SMLMV.

10.3 Efectos sobre la biodiversidad debidos a la pesca

10.3.1 La pesca industrial de camarón en el Pacífico colombiano

Los camarones silvestres continúan siendo uno de los recursos pesqueros más importantes en el ámbito mundial, pese a la fuerte presión que sobre el mercado realiza la producción por acuicultura (FAO, 2009). Asimismo, aunque en los últimos años se ha evidenciado una reducción en los volúmenes de descartes, producto del mejoramiento de la selectividad del arte de pesca y la utilización de especies antes descartadas, el arrastre camaronero sigue representando el mayor impacto sobre la biodiversidad marina (Gillett, 2008), que se maximiza en las zonas tropicales dada la naturaleza de múltiples ensamblajes de especies existentes (Pauly y Murphy, 1982).

Las pesquerías de camarón en la costa Pacífica colombiana, pese a sus estados diferenciales de explotación (CAS sobreexplotado y CAP en plena explotación; Rueda *et al.*, 2006 y 2010), constituyen una importante fuente de divisas, ingresos y alimento para miles de personas (De la Pava y Mosquera, 2001). Sin embargo, no son ajenas a la problemática mundial con impactos directos sobre la biodiversidad marina y los recursos que las sustentan, los cuales han sido cuantificados en años recientes (Rueda *et al.*, 2006; Rico-Mejía y Rueda, 2007).

Considerando la importancia del recurso camarón para la economía del subsector pesca y para la biodiversidad marina del país, el *INVERMAR* continúa monitoreando las flotas que extraen estos recursos en el Pacífico colombiano, con el fin de mantener una evaluación actualizada del impacto que sobre la biodiversidad y los recursos explotados puedan tener los artes de pesca de arrastre de fondo, aportando

información científica para sustentar el establecimiento de medidas adecuadas y efectivas de manejo que minimicen el efecto nocivo de estas pesquerías bajo los principios de la pesca responsable y el enfoque ecosistémico. En esta sección se describe el estado de las pesquerías de camarón de aguas someras (CAS) y profundas (CAP), en función de cuatro indicadores preestablecidos (relación FA/CO = fauna acompañante/captura objetivo; capturas, renta económica y TMC = talla media de captura), los cuales facilitan su seguimiento en el tiempo.

10.3.1.1 Relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO)

Se realizó un ajuste en el cálculo del indicador para todos los años, con fines de mayor representatividad en la información tomada en los monitoreos a bordo realizados cada año. En 2010 la relación FA/CO en la pesquería de camarón de aguas someras (CAS; Figura 10.15a) superó ampliamente el PRL con un valor de 40.4:1, muy superior a la observada en años anteriores. Este nivel de la relación FA/CO corroboró el fuerte impacto de esta pesquería sobre la biodiversidad marina, el cual se ha incrementado en los últimos años producto de un esfuerzo de pesca dirigido a la captura de peces como fuente de ingresos, en respuesta a las bajas abundancias de camarón. Este resultado plantea la necesidad de buscar alternativas de diversificación de la pesca de arrastre de fondo, dirigiendo la captura objetivo de las redes de arrastre a la pesca de peces, pero usando redes de arrastre demersales que actúan sin arrastrar el fondo y usan mayores tamaños de malla para evitar la captura de juveniles.

La FA estuvo representada por 168 taxa, de las cuales 85 constituyeron la CI y 122 el descarte, lo que indicó que 39 taxa hicieron parte de ambos tipos de captura. También se observó que el 51.2 % de los organismos descartados fueron principalmente juveniles de peces que en estado adulto son aprovechados por otras pesquerías artesanales, siendo más representativa la captura de espejuelo (*Selene peruviana*; 26.4 %), curruco (*Pomadasys panamensis*, 5.3 %), lenguado (*Cyclopsetta querna*, 3.5 %), barbinche (*Bagre panamensis*, 3.4 %) y champeta (*Sphyræna ensi*, 1.3 %). Esta situación genera una externalidad incidental hacia otras pesquerías dirigidas a estos recursos (Seijo *et al.*, 1997), comprometiendo la seguridad alimentaria de miles de pobladores de la zona costera del Pacífico (EJF, 2003).

En la pesquería del camarón de aguas profundas (CAP; Figura 10.15b) la relación FA/CO fue de 1:1, lo cual refleja la condición ideal de cualquier pesquería de camarón en áreas tropicales. Este valor corroboró el impacto moderado que esta pesquería tiene sobre la biodiversidad marina, representada en 2010 por 61 taxa, de las cuales 12 constituyeron la CI y 58 el descarte, con 9 taxa en ambos tipos de captura. Este impacto moderado de la pesquería de CAP también fue evidente al observar que el porcentaje de peces juveniles (25.7 %) con algún valor comercial descartados fue

inferior al observado en la pesquería de CAS, siendo más representativa la captura de peladilla de profundidad (*Cynoscion nannus*, 16.0 %), pargo nylon (*Hemanthias signifer*, 4.3 %), toyovieja (*Mustelus* spp., 1.1 %) y perla (*Ophidium* spp., 1.1 %). No obstante, la representatividad del camarón coliflor (*Solenocera agassizi*, 1.3 %) en el descarte del arte, constituye un riesgo alto para la sostenibilidad del mismo recurso que es captura objetivo, sólo que el arte también captura muchos juveniles de la especie.

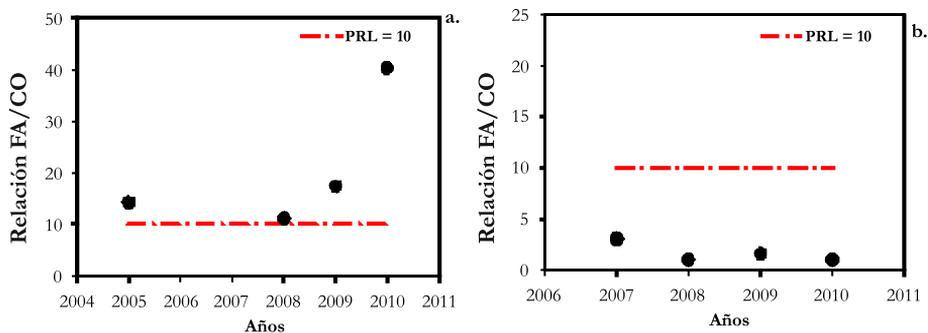


Figura 10.15 Variación anual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. **a)** Camarón de aguas someras y **b)** Camarón de aguas profundas.

10.3.1.2 Captura

En 2010 la captura de camarón en la pesquería de CAS fue de 224.2 t, 46.7 % menor a lo capturado en 2009. El camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*) representó el 65.9 %, seguido del camarón tití (*Xiphopenaeus riveti*, 26.7 %), el camarón chocolate (*Farfantepenaeus californiensis*, 7.2 %) y con menor participación los camarones pink (*Farfantepenaeus brevisrostris*) y tigre (*Trachypenaeus* spp.), los cuales representaron el 0.2 % restante.

Pese a la notable reducción de la captura del CAS, la captura de camarón blanco fue igual a la obtenida en 2009, por lo cual la reducción se produjo por la disminución de la captura del camarón tití (77.5 % menos que en 2009). El esfuerzo de pesca dado en número de barcos fue igual al observado en 2009, representando el 48 % del esfuerzo promedio histórico (67 barcos) y el 73 % del esfuerzo promedio de la última década (44 barcos). La captura de CAS sólo alcanzó el 26.4 % de la cuota global de pesca (PRL) establecida en 848 t para la vigencia 2010 (Figura 10.16a).

La captura de CAP disminuyó un 69.0 %, respecto a la observada en 2009. Las 258.3 t obtenidas fueron presentadas por camarón pink (*Farfantepenaeus* spp., 77.8 %), camarón coliflor (*Solenocera agassizi*, 21.4 %), camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*, 0.7 %) y camarón tití (*Xiphopenaeus rivet*, 0.1 %). Esta captura representó sólo el 30 % del promedio histórico (847 t) y el 29 % de la captura promedio de la última década (889 t, Figura 10.16b). El esfuerzo de pesca fue igual al promedio histórico (27 barcos), con una reducción de cinco barcos con respecto al esfuerzo de 2009. Comparada con la cuota global de pesca asignada para 2010 en 1160t (PRL), la captura sólo representó el 22.1 %.

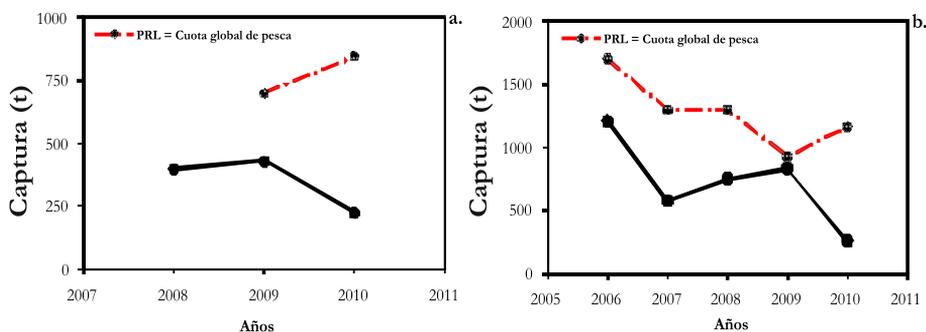


Figura 10.16 Variación anual de la captura en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas.

La fuerte disminución en los niveles de captura en las pesquerías de CAS y CAP fueron asociados al potencial efecto que sobre la disponibilidad de los recursos tienen los eventos ENOS que se originan en el océano Pacífico (Díaz, 2003; Rodríguez-Rubio, 2010). Bajo esta consideración se hace imperativo mantener medidas de manejo precautorias dado el estado diferencial de explotación en que se encuentran los recursos que las sustentan y la incertidumbre que genera el desconocimiento de cómo los factores ambientales y climáticos inciden en la dinámica de las poblaciones.

10.3.1.3 Renta económica

En el CAS la renta promedio de una faena fue de \$-2.07 millones (± 39.7 millones DE), inferior a la observada en 2009, mostrando un escenario de pérdidas económicas en promedio. Estos resultados indicaron que sólo en algunas faenas se superó el PRL estimado en 9.45 millones (Figura 10.17a). Cabe resaltar que el 67.0 % de los ingresos de esta pesquería fueron por captura de peces principalmente, un porcentaje que ha venido creciendo en los últimos años (39.0 % en 2008 y 42.0 % en

2009) y que ilustra la dedicación del esfuerzo de pesca de arrastre camaronero hacia la captura de especies de peces para alcanzar algún margen de utilidad, maximizando el impacto de la pesquería sobre la biodiversidad.

Para el CAP la renta económica presentó una fuerte disminución con respecto a lo observado en los últimos años con promedio de $-\$11.34 \pm (41.35 \text{ millones DE})$, ubicándose por debajo del PRL estimado en $\$11.64 \text{ millones}$ (Figura 10.17b). No obstante, a diferencia de lo observado en la pesquería de CAS, los ingresos por concepto de la captura incidental (peces) no superan el 10.0 % de los ingresos totales, indicando que la flota dirige su esfuerzo a la captura objetivo (camarón). Por otra parte, las bajas capturas de camarón observadas en las dos pesquerías tuvo incidencia directa sobre los aspectos socioeconómicos asociados, reduciendo en 18 % el número de jornales generados por las pesquerías en comparación a los generados en 2009 (37228 jornales de trabajo). Lógicamente, el incremento sostenido de los costos de combustibles incide en el desempeño económico de esta pesquería.

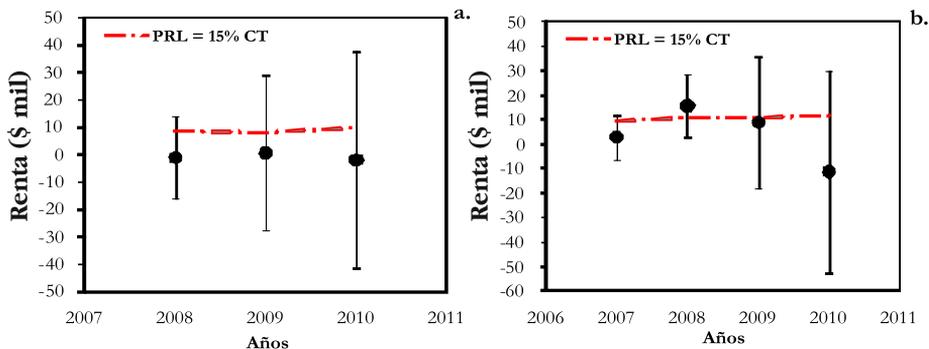


Figura 10.17 Variación anual de la renta promedio por faena (\pm DE) en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano. a) Camarón de aguas someras y b) Camarón de aguas profundas. CT=Costos Totales.

10.3.1.4 Talla media de captura (TMC)

Se compararon las TMC de las hembras de las principales especies objetivo con su talla media de madurez sexual (TMM) reportada por Rueda *et al.* (2010), para los camarones pink 12.2 cm (*Farfantepenaeus brevisrostris*) y coliflor 11.5 cm (*Solenocera agassizi*). Las TMM para los camarones blanco (*Litopenaeus occidentalis*) y tití (*Xiphopenaeus riveti*) fueron estimadas en 17.0 y 8.1 cm, respectivamente (INVEMAR, 2010). Los valores de las TMM fueron considerados puntos de referencia límites (PRL), es decir valores por debajo de los cuales se está amenazando la salud de la población de una especie (Figura 10.18).

Un riesgo alto de sobrepesca por crecimiento lo presentaron las especies de camarón de aguas profundas (pink y coliflor), con una tendencia descendente de la TMC, las cuales se ubicaron por debajo del PRL en 2010. Las hembras de camarón blanco mostraron un riesgo menor con valores de TMC por encima del PRL en todos los años analizados; mientras que hembras de camarón tití, aunque con TMC por encima del PRL, mostraron una fuerte tendencia decreciente que constituye un riesgo moderado de sobrepesca para la especie (Figura 10.18).

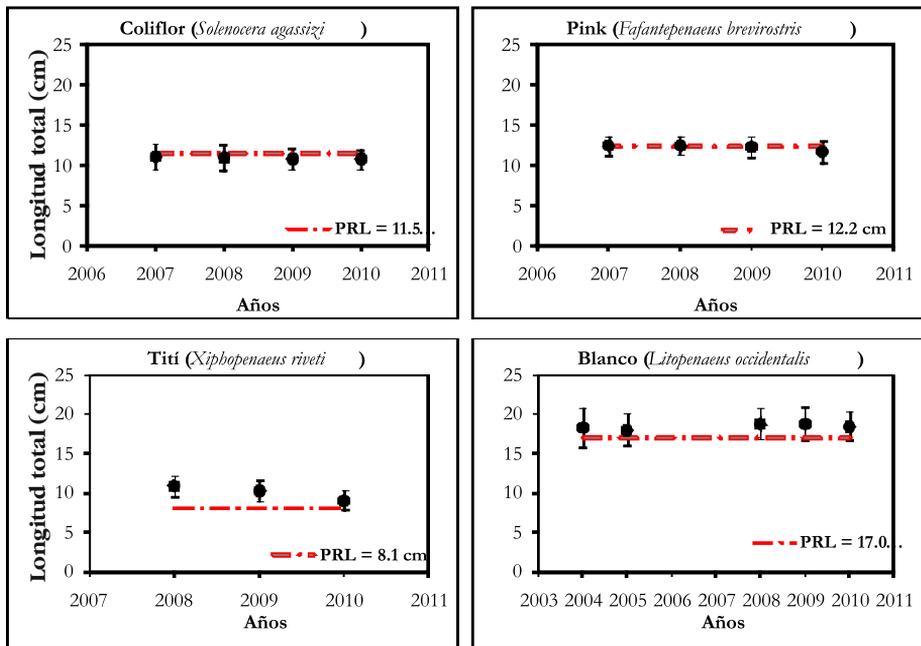


Figura 10.18 Variación anual de las tallas media de captura (TMC) para las hembras de las principales especies en las pesquerías de camarón del Pacífico colombiano y su ubicación con respecto al PRL (Talla media de madurez sexual).

10.3.2 La pesca industrial de camarón en el Caribe colombiano

En el Caribe colombiano la pesquería de camarón industrial a través de los años ha constituido un renglón económico importante, ya que ha generado divisas y bienestar social a través de empleos directos e indirectos. Esta industria se ha

sustentado especialmente de la extracción del camarón distribuido hasta los 65 m de profundidad. Las especies objetivo de esta pesquería son: *Farfantepenaeus notialis*, *Farfantepenaeus brasiliensis*, *Farfantepenaeus subtilis* y *Litopenaeus schmitii* (García, 1984; Viaña *et al.*, 2004, Páramo *et al.*, 2006). Como ocurre en el Pacífico, la captura de fauna acompañante, compuesta en buena parte por peces juveniles, es uno de los más severos impactos ambientales de la pesquería industrial con redes de arrastre. En esta pesquería son considerables los impactos colaterales que se generan en las poblaciones de peces que comparten hábitat con los camarones. Esto es lógico debido a la cercanía de las áreas de crianza de peces (lagunas costeras y líneas de costa) a las áreas de pesca de arrastre.

Teniendo en cuenta la importancia económica y ecológica de este recurso, el INVEMAR desde 2010 hace un seguimiento de la pesquería de arrastre para camarón en el Caribe, mediante monitoreos a bordo combinados con estadísticas de desembarcos. Se empieza en 2010 a hacer una evaluación de esta pesquería, con base en tres de los indicadores usados en la pesquería del Pacífico.

10.3.2.1 Relación fauna acompañante sobre captura objetivo (FA/CO)

Desde los años 70 se inició en el Caribe el aprovechamiento de la fauna acompañante del camarón en la pesca industrial de arrastre. Para entonces, sólo se llevaban a puerto las especies de mayor interés comercial tales como róbalo, meros, pargos, etcétera; desechándose el resto de las especies. Lógicamente la composición de la fauna acompañante ha cambiado en el tiempo, pero siempre responde a las prioridades de las tripulaciones en cuanto a aprovechar una fracción comercial de la misma. Para 2010 la captura objetivo (CO) representó el 7.8 % y la fauna acompañante (FA) el 92.2 %, siendo de la última el 21 % captura incidental (CI) y el 79 % descarte (D). Este porcentaje alto de descarte es similar al registrado por Viaña *et al.* (2004) para el norte del Caribe colombiano (75 %). En otras regiones tropicales Harris y Poiner (1990) encontraron que al menos el 80 % de las capturas incidentales son descartadas en la pesquería de camarón en Torres Strait (Australia).

La relación estimada entre fauna acompañante y captura objetivo (FA/CO) fue de 12.6:1. En zonas tropicales como la Sonda de Campeche se estimó una proporción de 12:1 (Yáñez-Arancibia, 1984), en tanto que para las costas tropicales en general se registró un promedio global de 10:1 (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1986). En este sentido, un punto de referencia de 10:1 se toma como valor del indicador por encima del cual la pesquería estaría impactando a la biodiversidad con una intensidad mayor a la global. Así, la pesquería de arrastre en el Caribe a través del tiempo ha tendido a impactar a la biodiversidad en una magnitud creciente mayor a la global. Por ejemplo,

para el sector Manaure-Cabo de la Vela, Osorio (1986) dio cuenta de una proporción de 10:1, mientras que Mora *et al.* (1989) registró 12:1 y Viaña *et al.* (2004) estimaron para la zona norte del Caribe colombiano una proporción de 5.7:1 (Figura 10.19).

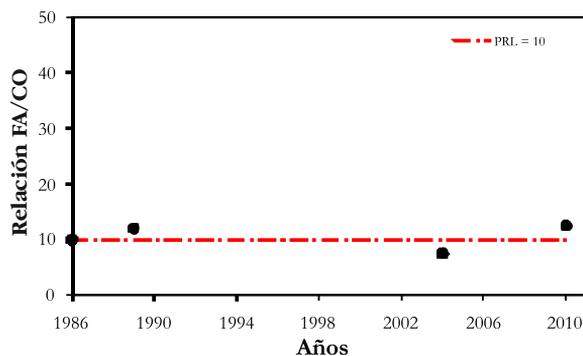


Figura 10.19 Variación anual de la relación fauna acompañante/captura objetivo (FA/CO) en la pesquería industrial de camarón del Caribe colombiano.

Para 2010 la fauna acompañante estuvo representada por 149 especies, de las cuales 58 constituyeron la CI y 91 el D, estando 33 especies presentes en ambos grupos. Las mayores abundancias en la CI correspondieron a pargo chino (*Lutjanus synagris*, 18.4 %), perla gris (*Lepophidium profundorum*, 10.4 %), pacora (*Micropogonias furnieri*, 9.4 %), salmonete (*Upeneus parvus*, 8.3 %) y ratón (*Albula nemoptera*, 7.1 %). En el descarte las mayores abundancias correspondieron a la raya látigo (*Dasyatis guttata*, 7.8%), guavina (*Synodus foetens*, 7.7 %) y Brachiuros (30.9%).

10.3.2.2 Captura

Para el 2010 la captura de camarón en la pesquería industrial del Caribe se estimó en 198.1 t. La misma estuvo compuesta en su mayoría por el camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*) con 99.6 % y en mucha menor proporción el camarón café (*Farfantepenaeus subtilis*) con 0.4 %. El esfuerzo de pesca (días efectivos de pesca) fue de 5400 días/año, el cual correspondió a 17 barcos que efectuaron 70 faenas con promedio de 37 días (± 11 DE) efectivos de pesca. La captura desembarcada (198.1 t) representó el 17.7 % de la cuota global de pesca (PRL), establecida en 950 t para 2010, según Resolución 2897 de 2009 Incoder (Figura 10.20). Lo anterior indica una situación aparentemente de inexistencia de impacto de la pesca industrial sobre el recurso camarón, ya que se capturó mucho menos de lo que la cuota oficial fijó con criterios de aprovechamiento sostenible del recurso.

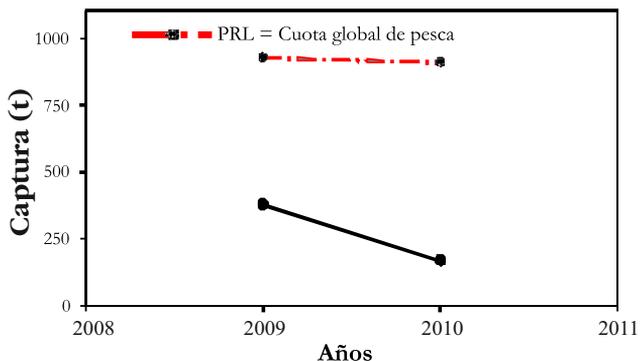


Figura 10.20. Variación anual de la captura desembarcada de camarón de aguas someras en el Caribe colombiano.

10.3.2.3 Talla media de captura (TMC)

Las hembras de *F. notialis* (principal especie capturada en la pesquería) presentaron una TMC de 15.77 cm \pm 1.8 DE (Figura 10.21), la cual estuvo por encima del PRL (talla media de madurez sexual) estimada en 11.4 cm (Páramo et al., 2006). Esta situación constituye una condición favorable en la explotación del recurso, ya que garantiza la renovación natural de la población al permitir que desove al menos un 50 % de las hembras (García y Le Reste, 1981).

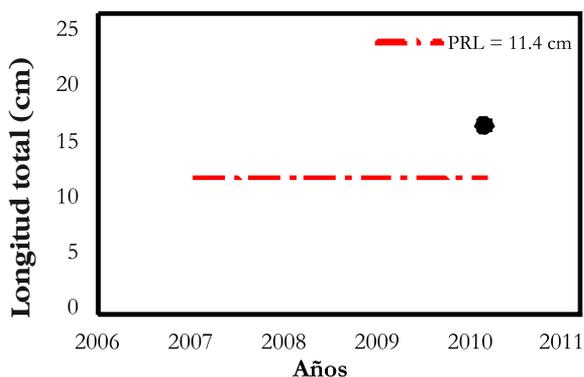


Figura 10.21 Variación anual de las tallas media de captura (TMC) para las hembras de *F. notialis* en la pesquerías de camarón del Caribe colombiano y su ubicación con respecto al PRL (Talla media de madurez sexual).

10.3.3 Pesca artesanal: caso CGSM

El efecto de la pesca sobre la biodiversidad en las pesquerías artesanales de la CGSM permitió encontrar que en 2010 el trasmallo (red de enmalle fija) fue el arte que capturó más especies (67), superando a la atarraya que capturó 62. Le siguieron el boliche con 36, el zangarreo con 27, el chinchorro con 15 y el palangre con 2 especies, siendo el arte más selectivo (Figura 10.22).

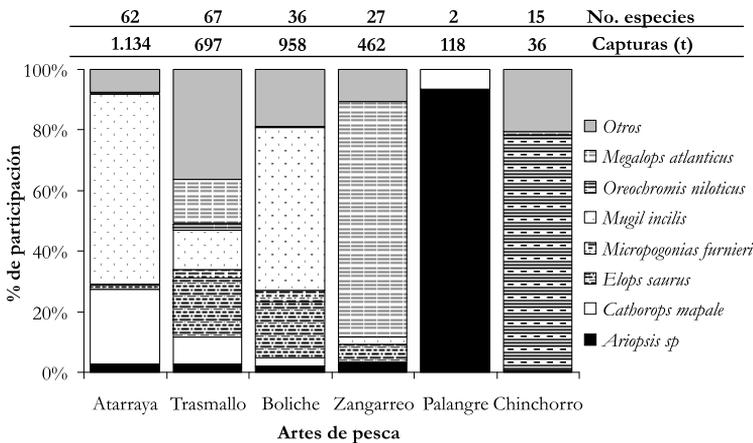


Figura 10.22 Composición porcentual por especies de la captura en peso discriminada por arte de pesca en la CGSM para 2010. (Fuente: SIPEIN ® V.3.0.).

Como se ha mencionado en informes anteriores (INVEMAR, 2008a), se recomienda hacer control en la selectividad de los artes de pesca en la CGSM, con el fin de reducir el impacto sobre la biodiversidad íctica sin perjudicar significativamente los ingresos económicos de los pescadores. Medidas de manejo con la selectividad incluyen la regulación de tamaños de malla, de anzuelo, tamaño de los artes y uso facultativo en una temporada u otra de pesca (vedas).

10.4 Recursos sometidos a explotación por acuicultura y bioprospección en Colombia

Colombia como país tropical con costas sobre el océano Pacífico (1300 km) y el Atlántico (1600 km), tiene una gran cantidad de cuencas hidrográficas que lo posicionan en un lugar destacado en recursos hídricos en el mundo. Posee una alta biodiversidad de organismos hidrobiológicos en aguas dulces, salobres y marinas, además de contar con

terrenos aptos que le otorgan un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura. Esta actividad productiva es una de las esperanzas del mundo en su carrera por producir proteína de altísima calidad a precios bajos, la cual tiene arraigo en muchos países, especialmente los asiáticos.

Para Colombia la acuicultura surge como de una de las apuestas productivas; no obstante, necesita más apoyo gubernamental y privado, con celebración de convenios y misiones para un país rico en recursos hídricos. Es imperativo formular una política nacional para evaluar y sentar los lineamientos de la acuicultura marina colombiana en el futuro, por lo tanto resulta necesario armonizar el quehacer en la acuicultura con otras políticas públicas y orientar la iniciativa privada estableciendo objetivos de largo plazo y generando estrategias y planes de acción.

En cuanto a la bioprospección marina se ha convertido recientemente en una potencial estrategia mediante la cual los países ricos en biodiversidad como Colombia pueden aumentar sus capacidades endógenas para realizar actividades de Ciencia y Tecnología (C y T). Para que los procesos de bioprospección se lleven a cabo se involucra una gama de interacciones que compromete desde el conocimiento tradicional, pasando por el científico y tecnológico de entes académicos e investigativos del país. Sin embargo, es importante la interacción del gobierno, instituciones y empresas para concretar mecanismos efectivos de cooperación que posibiliten la creación y fortalecimiento de capacidades internas para realizar e incrementar la C y T en el país.

10.4.1 Acuicultura marina

La acuicultura en Colombia se ha desarrollado principalmente en dos frentes específicos: continental y marina, esta última representada por el cultivo de camarón *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, pero que en los últimos años se ha disminuido por la baja estabilidad de los precios de venta del producto, frente al aumento del costo de los insumos; especialmente los alimentos concentrados, obligando al cierre de varias empresas dedicadas al levante de larvas y engorde de camarón.

Actualmente, las prioridades de investigación en acuicultura marina se determinan a través de la conformación de una agenda única de investigación liderada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), quien toma la información directamente en las regiones con la participación de los productores, gremios y entidades, en donde se detectan necesidades de investigación. Las principales instituciones públicas, privadas, fundaciones y organizaciones no gubernamentales que realizan investigación en temas de maricultura son:

- Colciencias
- MADR
- Sena
- Universidad del Valle
- Universidad de La Guajira
- Universidad del Magdalena
- Universidad de Córdoba
- Universidad del Pacífico
- INVEMAR
- Incoder
- Ceniagua
- Fundación Ecosfera
- Fundación Terrazul

Con relación a 2009 (INVEMAR, 2010a) se continúan o están finalizando investigaciones con especies de organismos marinos con buenas perspectivas y potencial de cultivo para seguridad alimentaria como: (i) Producción de semilla en laboratorio y cultivo en campo de bivalvos pectínidos de interés comercial; (ii) Implementación del cultivo de cobia a escala comercial, mediante la producción de alevinos en laboratorio y hasta talla comercial en jaulas flotantes; (iii) Programa integral de acuicultura marina con róbalo (*Centropomus undecimalis*) y sábalo (*Megalops atlanticus*) en el área de influencia de las comunidades de Bocas del Atrato y El Roto; (iv) Bioensayos de reproducción de pulpo (*Octopus vulgaris*) en laboratorio y engorde de organismos colectados del medio natural en jaulas flotantes en la Bahía de Taganga y La Guajira; (v) Maricultura de algas como alternativa productiva a las comunidades costeras en la Alta Guajira y (vi) Ornamentales: Avances en la reproducción y mantenimiento de crías de caballito de mar, e inicio de la reproducción del loreto en condiciones de laboratorio. Sin embargo, su desarrollo competitivo requiere avances en la investigación y estudios de comercialización que establezcan la viabilidad de potenciar la maricultura en nuestro país y que exista un compromiso del gobierno y de la empresa para invertir en los paquetes tecnológicos finalizados como es el caso de los bivalvos. En la Tabla 10.I se presenta un listado de investigaciones y proyectos de investigación en temas de maricultura en ejecución durante 2010.

Tabla 10.I Investigaciones y proyectos de investigación en temas de maricultura en ejecución y aprobados durante 2010 (Fuentes: Com. Pers. Sena, Universidad del Magdalena, Universidad de Antioquia; Acuanal-Ceniagua, Fundación Ecosfera y Fundación Terrazul).

Proyecto	Entidad ejecutora	Investigador principal	Fuente de financiación	Área
Peces				
Iniciación al proceso de reproducción de dos especies de peces marinos ornamentales de interés comercial <i>G. loreto</i> e <i>H. reidi</i> en de laboratorio.	INVEMAR*	Javier Gómez-León	MADR, INVEMAR Langostinos de Llano, Incoder y Fundación Museo del Mar.	Santa Marta (Magdalena) y Villavicencio (Meta).
Evaluación del uso de dietas alimenticias y nutricionales de dos especies de peces marinos ornamentales.		Diana Isabel Gómez		
Implementación en condiciones locales del paquete tecnológico para maduración, desove, larvicultura y alevinaje de cobia.	Ceniagua*	Mábel S. Mendoza	Colciencia, Acuanal, y C.I Antillana	Punta Canoa e Isla Tierrabomba– (Bolívar).
Implementación del cultivo de cobia en jaulas flotantes.				
Evaluación técnica, ambiental y social para el desarrollo de un programa integral de acuicultura marina con róbalo (<i>Centropomus undecimalis</i>) y sábalo (<i>Megalops atlanticus</i>) en el área de influencia de las comunidades de Bocas del Atrato y El Roto	Universidad de Antioquia. Grupo Investigación en Sistemas Marinos y Costeros.	Jenny Leal Flórez	Universidad de Antioquia, Fundación Uraban y Corporación.	Comunidades de Bocas del Atrato y el Roto (Pacífico).
Desarrollo y definición de tecnologías y estrategias de manejo de la fase de larvicultura, que permita una producción masiva y de calidad de alevinos de pargo lunarejo <i>lut</i>	Incoder, Universidad del Pacífico y CVS.	Hernando Gamboa	Incoder, MADR, Acodiarpe, Gobernación del Valle del Cauca, Universidad del Pacífico y CVS.	Valle del Cauca, Bahía Málaga y Buenaventura.

Proyecto	Entidad ejecutora	Investigador principal	Fuente de financiación	Área
Macroalgas				
Desarrollo de la maricultura de algas como alternativa productiva a las comunidades costeras entre los corregimientos de Carrizal y Cabo de la Vela, departamento de La Guajira.	Fundación Terrazul *	Diego Andrés Moreno Tirado.	Sena, Fundación Terrazul.	La Guajira
Crustáceos				
Implementación de la cría de reproductores y la selección individual para el incremento de la respuesta genética a la resistencia de WSSV de la semilla <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> producida para la costa Pacífica colombiana.	Ceniacua*	Jaime Faillace.	MADR y Ceniacua.	Cartagena Punta Canoa (Bolívar).
Sistema eficiente de producción de nauplios de camarón <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> .		Carlos Andrés Suárez Navarrete	MADR y Ceniacua.	Bolívar y Sucre.
Evaluación productiva y económica de una dieta con altos niveles de inclusión de proteína vegetal en alimentos para el camarón <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> como estrategia para reducir los costos del alimento y disminuir el impacto ambiental que genera la producción de la harina de pescado.	Ceniacua*	Jorge Arturo Suárez	Colciencias y Ceniacua.	Bolívar.

Proyecto	Entidad ejecutora	Investigador principal	Fuente de financiación	Área
Desarrollo de técnicas de diagnóstico, prevención y control para las nuevas enfermedades que afectan el cultivo del <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> en Colombia.		Marcela Salazar	Sena y Ceniagua.	
Optimización del manejo de reproductores de camarón <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> , para el mejoramiento de la producción de nauplio en Colombia.		Jaime Faillace	Sena y Ceniagua.	Bolívar, Sucre y Córdoba
Mejoramiento de larvicultura de camarón <i>Penaeus (Litopenaeus) vannamei</i> optimizando metodologías biológicas y físicas del ciclo comercial.		Carlos Andrés Suárez Navarrete	Sena y Ceniagua.	
Moluscos (bivalvos pulpos)				
Cultivo Piloto de Pulpo <i>Octopus vulgaris</i> en la fase de engorde, empleando jaulas flotantes como alternativa de aprovechamiento pesquero de la comunidad indígena Wayüu	Fundación Ecósfera*	John Ramírez	Sena Ecósfera	Alta Guajira.
Optimización de la producción de postlarvas del ostión <i>N. nodosus</i> y la conchuela <i>A. nucleus</i> en el Caribe colombiano.	INVEVAR*	Javier Gómez-León	Colciencias, Hidrocultivos, INVEVAR	Santa Marta y Cartagena.
Asistencia técnica en el sector acuícola y pesquero para el mantenimiento de la estación de cultivo de bivalvos y desarrollo sostenible en Bahía Portete, corregimiento de Media Luna.	Fundación Cerrejón para el Progreso de La Guajira	Olga Lucía Lara y Juan Suárez	Fundación Cerrejón para el Progreso de La Guajira	Bahía Portete (La Guajira)

Proyecto	Entidad ejecutora	Investigador principal	Fuente de financiación	Área
Desarrollo de cultivo de pulpo en el Caribe colombiano: bases biológicas para el cultivo de jaulas flotantes.	Universidad del Magdalena*	Carlos Trujillo	Colciencias, Universidad del Magdalena	Santa Marta.
Otros				
Gestión de información para la acuicultura específica por sitio.	Ceniagua*	Jorge Arturo Suárez	Colciencias y Ceniagua	Bolívar, Sucre y Córdoba.

*Proyecto en ejecución.

10.4.1.1 Publicaciones

Durante el 2010 se publicaron dos trabajos relacionados con temas de acuicultura marina:

Libro

(i) Cultivo de pectínidos en el Caribe colombiano. Por: Javier Gómez-León, Ernesto Acosta-Ortiz y Marisol Santos-Acevedo. INVEMAR, Colciencias, Hidrocultivos de la Costa Ltda y Asoplam. 164 pp. ISBN: 978-958-8448-09-1.

Artículo científico

(ii) Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1785) (Bivalvia: Pectinidae) en un nuevo arte de cultivo. Por Johann López, Javier Gómez-León, Claudia Castellanos Romero y Ernesto Acosta Ortiz. (2010). Bol. Inv. Mar. Cost. 39(1) 177-189. ISSN 0122-9761.

10.4.2 Bioprospección

Esta versión del IEARMC incluye investigaciones relacionadas con la búsqueda de compuestos con bioactividad de productos naturales marinos colombianos con usos potenciales y las publicaciones relacionadas adelantadas o publicadas durante 2010.

La Tabla 10.II agrupa información sobre los proyectos de investigación en ejecución durante 2010.

Tabla 10.II Listado de proyectos adelantados durante 2010. Sobre compuestos con bioactividad de productos naturales marinos

Proyecto	Entidad/ Investigador principal	Fuente de Financiación	Área
Evaluación del efecto de extractos etanólicos de invertebrados marinos sobre viabilidad y apoptosis de polimorfos nucleares humanos.		Universidad de Antioquia, Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI).	Caribe colombiano
Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas.	Universidad de Antioquia/Alejandro Martínez	Universidad de Antioquia y Colciencias.	Caribe colombiano
Estudio químico y de actividad biológica de compuestos extraídos de esponjas marinas colombianas.		Universidad de Antioquia y Colciencias.	
Aislamiento de N-acilhomoserinlactonas de bacterias del Caribe colombiano, como evidencia de la existencia de circuitos de <i>quorum sensing</i> .	Universidad Nacional de Colombia/Catalina Arévalo	Fundación Banco de la República y Universidad Nacional de Colombia.	Caribe colombiano
Evaluación de la oferta natural y potencial de producción de metabolitos bioactivos de la esponja marina <i>D. dissoluta</i> .	Cecimar – Universidad Nacional de Colombia/Sven Zea.	Colciencias, U. Nacional de Colombia e INVEMAR.	Santa Marta
Cianobacterias bentónicas arrecifales: dinámica de los afloramientos y potencial aprovechable de sus toxinas.	Universidad Jorge Tadeo Lozano/Mónica Puyana.	Colciencias, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad Nacional de Colombia.	Caribe colombiano
Estudio de preformulación para el desarrollo de un gel a base de polímeros con capacidad mucoadhesiva para ensayos de alelopatía en invertebrados marinos.			
Estudios de bioprospección del coral blando <i>Pseudopterogorgia elisabethae</i> . Fase IV.	Universidad Nacional de Colombia/Leonardo Castellanos.	Colciencias y Universidad Nacional de Colombia.	Caribe colombiano
Bioprospección de octocorales.			
Evaluación de las propiedades antiherpética, cito- y genotóxica, y antifouling de organismos marinos de las costas brasileñas y del Caribe colombiano.			
Evaluación química de <i>Pseudopterogorgia elisabethae</i> , para la producción de extractos ricos en pseudopterinas, potentes compuestos antiinflamatorios.	Universidad Nacional de Colombia/Carmenza Duque.	Colciencias y Universidad Nacional de Colombia.	San Andrés, Providencia y Santa Catalina.



Proyecto	Entidad/ Investigador principal	Fuente de Financiación	Área
Evaluación del potencial antimicrobiano de extractos de ascidias del Caribe colombiano.	INVEMAR/ Javier Gómez-León.	INVEMAR	Alta Guajira
Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos y fracciones de las esponjas marinas.	Invemar/Marisol Santos-Acevedo.		Santa Marta
Identificación y evaluación de sustancias de origen natural con potencial uso en pinturas para control de <i>biofouling</i> .	Invemar/ Santos-Acevedo.	Colciencias, INVEMAR, Cidepint.	Santa Marta

10.4.2.1 Publicaciones

En la Tabla 10.III se listan las citas que se incluyeron este año en el informe para elaborar las gráfica de publicaciones en el tema y en la Figura 10.23 se muestra el esfuerzo de investigación en el tema, medido como el número de publicaciones por año, con una tendencia a disminuir en el país.

Castellanos <i>et al.</i> , 2010	Cuadrado-Silva <i>et al.</i> , 2010	Rodríguez <i>et al.</i> , 2010
Valderrama <i>et al.</i> , 2010	Wei <i>et al.</i> , 2010	

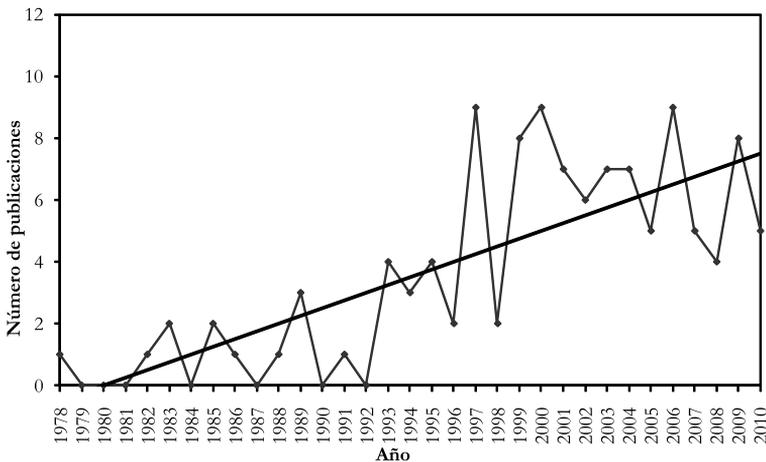


Figura 10.23 Publicaciones por año relacionadas con bioprospección marina (énfasis en sustancias bioactivas y estructuras químicas obtenidas de extractos de organismos marinos).

En términos generales, se puede decir que hasta el momento la acuicultura marina se ha recibido poca atención estatal necesaria para su impulso real, por ello se requiere diseñar propuestas específicas que contribuyan al desarrollo adecuado del sector y de todos los agentes involucrados en las actividades de acuicultura marina. Lo anterior, de acuerdo con las leyes nacionales y con los convenios internacionales relacionados con la materia.

La investigación en el tema de productos naturales marinos sigue siendo limitada, a pocos grupos de investigación, posiblemente por los altos costos relacionados con las salidas de campo, los insumos, el personal calificado y los equipos que se requieren. Aunque Colombia posea gran diversidad de organismos en sus mares, las investigaciones son muy puntuales y no se ha logrado involucrar totalmente a la industria con el fin de fortalecer el nexo investigación-desarrollo-innovación. Se deben redoblar los esfuerzos para avanzar en el conocimiento de la biodiversidad marina del país; de los procesos ecológicos y productivos, con miras a obtener fuentes alternativas de recursos explotables de manera sostenible que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos.

10.5 Estado de avance en la valoración de los ambientes marinos y costeros en Colombia

La valoración económica de ambientes marinos y costeros (AMC) en Colombia, al igual que en el resto del mundo, presenta un sesgo hacia la estimación de beneficios recreacionales (Londoño-Díaz, 2010; Ledoux y Turner, 2002). Éste puede atribuirse al escalamiento de la demanda mundial por recreación en espacios abiertos y los crecientes conflictos entre turismo y conservación de espacios naturales (Shrestha y Loomis, 2001). El turismo costero tiene una participación que varía entre el 40 y 70 % del mercado total mundial de turismo, hecho que podría estar estimulando la participación de países en desarrollo en este mercado (Jobbins, 2006; Goodwin, 1998). Un segundo patrón en común con la tendencia mundial es la concentración de la literatura empírica aplicada a AMC en áreas protegidas, en años posteriores a 1992. Hecho que podría estar asociado a la necesidad de implementar una aproximación integrada de manejo costero, identificada a partir de la Cumbre de Río de 1992 (Ledoux y Turner, 2002). Lo anterior indica que a la zaga de un sesgo aparente, el interés de la literatura empírica en los beneficios recreacionales y áreas protegidas obedecería la necesidad de informar la toma de decisiones en AMC bajo una perspectiva holística, integradora de las dimensiones ambientales y económicas. Esto, teniendo en cuenta las particularidades de los AMC en términos de alta variabilidad y confluencia de actores e intereses.

Con base en la literatura consultada, los estudios seminales de valoración económica aplicados en AMC en Colombia corresponden a los desarrollados por CEPAL/ICLARM (1992) y Fernández de Castro *et al.* (1993) sobre la valoración de ecosistemas de manglar. El primero de estos estudios buscó establecer un modelo matemático de programación lineal aplicado a los manglares de Nariño, a partir de sus usos principales (forestal, pesquero, acuícola, y algunas funciones y servicios ecosistémicos). Aunque la gama de bienes y servicios valorados en el caso del segundo estudio es relativamente similar al primero, en este caso la aplicación correspondió al bosque de manglar de la CGSM, mediante cálculos directos de ingresos, funciones de restricción y precios sombra. Los resultados de ambos estudios difieren de manera substancial y no son directamente comparables, debido a diferencias metodológicas.

Los estudios posteriores a las anteriores referencias se caracterizan por estar basados en procedimientos más en línea con las técnicas de valoración que definen el estado del arte en la literatura. Son 28 los estudios identificados en esta revisión bibliográfica.⁴ Éstos corresponden al período comprendido entre 1997 y 2010, tal como se ilustra en la Tabla 10.IV. Del total de estudios, 23 fueron consultados y descritos en términos de: (i) área protegida asociada; (ii) ecosistemas predominantes; (iii) inclusión de servicios recreativos; (iv) metodología general de valoración y (v) medida de bienestar estimada. Los cinco estudios restantes carecen de información, debido a las limitaciones de acceso que impone la dispersión de los estudios en diferentes instituciones del país.

La información en la Tabla 10.IV indica que el 66 % de los estudios realizados se concentran en áreas marino-costeras cobijadas por esquemas nacionales e internacionales de protección. Estas en su mayoría pertenecen al Sistema de Parque Nacionales Naturales (SPNN). No todos los manglares caso de estudio en las investigaciones reportadas en esta tabla pertenecen al SPNN. Tal es el caso de los manglares urbanos de Cartagena, usados como área de estudio para la estimación de precios hedónicos de viviendas aledañas a los caños internos de la ciudad (Julio-Giraldo, 2008). También es el caso del bosque de manglar de la Unidad de Manejo Integrado (UMI) Guapi-Iscuandé, valorado desde la perspectiva de su contribución a la producción de bienes y servicios ecosistémicos con precios de referencia en el mercado (Lozano-Torres, 2007). Sin embargo, la tabla señala el hecho de que los bosques de manglar, además de ser considerados ecosistemas estratégicos, pueden estar sujetos a normatividad de orden regional, nacional e internacional.

⁴Aunque extensa, esta revisión no puede considerarse exhaustiva ya que esto requeriría apoyo interinstitucional para compilar literatura gris (documentos de tesis en su mayoría) dispersa en corporaciones autónomas regionales, institutos de investigación, universidades y centros de documentación de la UAESPNN.

Entre los estudios realizados en áreas protegidas del SPNN y reservas de biósfera, la mayor parte corresponden al PNNT, con el 32 %; seguidos por los estudios realizados en la actual Reserva de la Biósfera Seaflower, con el mismo porcentaje. Siguen en orden de importancia el PNNCRSB, con el 21% de los estudios; el Santuario de Fauna y Flora Ciénaga Grande de Santa Marta (SFFCGSM), con el 11 %, y finalmente el Parque Nacional Natural Gorgona (PNNG) con el restante 4 %. Los ecosistemas cuyos bienes y servicios son con mayor frecuencia valorados son los arrecifes de coral y los manglares. En lo que respecta a AMC, esta tendencia, junto con la valoración de playas, también parece observarse a nivel mundial (Londoño-Díaz, 2010; Brander *et al.*, 2007; Ledoux y Turner, 2002).

Tal como se mencionó al inicio, se puede inferir el predominio de estudios que incluyen o se basan en la estimación de beneficios recreacionales, correspondiendo aproximadamente al 57 % de las investigaciones reportadas en la Tabla 10.IV. En referencia a los métodos utilizados, al igual que en el caso de la valoración de arrecifes coralinos en el mundo (Londoño-Díaz, 2010; Brander *et al.*, 2007), los métodos de valoración contingente (MVC) y costo de viaje (MCV) son los de más amplia aplicación. De los estudios referenciados en la Tabla 10.IV, 39 % corresponden al MVC, el 25 % al MCV, y el restante 36 % a los métodos de función de producción, valoración participativa, precios de mercado y transferencia de beneficios. Los resultados de estas investigaciones en términos de medidas de bienestar también son descritos. Cabe mencionar que la comparación adecuada de los resultados obedecer al tratamiento previo de los datos, de manera que las estimaciones de valor sean consistentes desde el punto de vista del bien o servicio objeto de análisis y de la medida de bienestar que refleja.

En términos generales, los estudios mencionados en la Tabla 10.IV tratan de aportar información económica relevante para la toma de decisiones ambientales. Algunos de ellos se enfocan en la estimación de tarifas de ingreso a parques naturales (James, 2003; Díaz-Merchán, 2001), lo cual responde necesidades en términos de la sostenibilidad financiera necesaria para apoyar estrategias de conservación (Pomeroy *et al.*, 2005; Goodwin, 1998). Otros trabajos estiman el cambio en el bienestar social en relación con cambios en los niveles de contaminación y su efecto sobre la salud (Yáñez-Contreras, 2007; Cabeza-Paternina y Montiel-Montiel, 2005). Otra temática recurrente en años recientes es la estimación de beneficios generados por el servicio de secuestro de CO₂ provisto por el bosque de manglar (Fajardo-Vázquez, 2009; INVEMAR, 2008b; Lozano-Torres, 2007). La evaluación del potencial para transferencia de beneficios en AMC, como temática de exploración metodológica, sólo ha sido llevada a cabo por el INVEMAR (INVEMAR, 2010b).

Esta revisión de literatura busca identificar la línea base de aplicaciones empíricas para el seguimiento anual de ecosistemas marino-costeros. Este seguimiento estaría basado en indicadores sobre asignaciones de uso y estimaciones de cambio en el bienestar

social como consecuencia de cambios en la calidad o cantidad de los bienes y servicios ecosistémicos. Para una interpretación adecuada de la información se recomienda la consulta directa de las fuentes. No es aconsejable el uso de esta información con fines de transferencia directa de estimativos de valor a casos donde estos son inexistentes o requeridos desde el punto de vista de necesidades de manejo. La transferencia de beneficios debe siempre considerarse como un “segundo mejor” (Loomis y Rosenberger, 2006; Rosenberger y Loomis, 2001) y su aplicación debe ser evaluada en términos de pruebas clásicas de la hipótesis de transferibilidad o pruebas de equivalencia (Kristofersson y Navrud, 2005), debido a los potencialmente elevados errores de transferencia.

Tabla 10.IV Revisión de literatura en valoración económica aplicada en ambientes marinos y costeros (AMC).

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
1	Morera	1997	PNNT	Arrecifes de coral, pastos marinos, playas, manglar, bosque seco.	√		
2	Ibáñez <i>et al.</i>	1998	no	Playas, fondos blandos y pastos marinos.	√	Valoración contingente y costo de viaje.	Estimaciones moderadas obtenidas a través de los métodos de costo de viaje y valoración contingente arrojaron un valor presente neto de beneficios por mejoras en la calidad del agua entre 5 y 10 millones de dólares.

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
3	Morales-Alarcón	1998	PNNOPMBL	Arrecifes de coral, playas, manglar, bosque seco y pastos marinos.	√	Valoración contingente.	La media de la DAP por visitante se estimó en \$29.551 y la DAP agregada anual en \$645.383.116 (pesos de 1997). Esto último representa el valor monetario que los turistas le asignan al beneficio paisajístico.
4	Martelo-Martelo	1999	PNNG	Arrecifes de coral.	√	Costo de viaje.	Excedente del consumidor, percibido como el beneficio por disfrute de actividades recreativas en el parque, se estimó en \$2.139.728. El cambio en el excedente del consumidor ante una mejora en la calidad ascendió a \$51.971 para cada usuario del parque. El flujo de beneficios agregados descontados a futuro se estimó en \$1.031.039.562 (precios corrientes de 1998, descontando hacia un horizonte infinito con una tasa de descuento del 12 %).

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
5	Fajardo-Vázquez	2009 *		Manglar.	–	Factor de producción.	Los estimativos de valoración parcial del ecosistema de manglar del Pacífico vallecaucano arrojaron un VPN de 4.461.875. 720 por hectárea (Precios contantes de 2005. Periodo y tasa de descuento equivalente a 30 años y 12 %). Los bienes y servicios valorados incluyen madera para construcción y carbón vegetal, piangua, cangrejo azul y secuestro de carbono.
6	Ibáñez	2001 no		Playas, fondos blandos y pastos marinos.	√	Costo de viaje.	La pérdida agregada en el bienestar debido a una reducción hipotética del 30 % en la calidad del agua de la bahía se estimó en US\$124.361 y US\$230.561 para dos modelos alternativos (dependiendo de la incorporación de costos de información imperfecta).
7	Díaz-Merchán	2001	PNNCRSB	Arrecifes de coral, playas, manglar y pastos marinos.	√	Valoración contingente.	La DAP estimada por visitante por día de recreación fue de \$6.025 (precios corrientes de 2000).

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
8	Newball	2001	Reserva de Biósfera Sea Flower	Arrecifes de coral, playas, pastos marinos y manglar.	√	Valoración contingente.	La DAP estimada por hogar por día de recreación fue \$10.508 (precios corrientes de 2000).
9	Castiblanco	2002 *		Manglar	-	Factor de producción.	Estimó el VPN del manglar de Tumaco en \$92.037.371 por hectárea (pesos de 1999. Período y tasa de descuento de 20 años y 10 %). Los bienes y servicios valorados incluyen madera para autoconsumo (leña y construcción de vivienda) y comercialización, extracción de piangua y pesquería externa de camarón blanco.
10	James Cruz	2003	Johnny Cay	Arrecifes de coral, playas y pastos marinos.	√	Costo de viaje.	Estimó la tarifa de entrada al Parque Johnny Cay para los residentes de la Isla de San Andrés en \$129, cuando el modelo excluye el costo del tiempo, y en \$501 cuando el costo del tiempo es incluido (precios corrientes de 2002 y 2003).

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
11	Londoño Díaz	2003	PNNCRSB	Arrecifes de coral, playas, manglar y pastos marinos	√	Valoración contingente.	La DAP media correspondió a \$5.788 (precios corrientes de 2002) por hogar por mes en el contexto de mejora en las condiciones del ecosistema coralino. Los resultados sugieren preferencias lexicográficas entre comunidades aledañas al archipiélago, que afectan la conveniencia del método de valoración contingente.
12	Rodríguez de Francisco	2003	PNNT	Arrecifes de coral, playas, manglar, bosque seco y pastos marinos	√	Costo de viaje.	Estimó una función de demanda por recreación. Los resultados indicaron un excedente del consumidor de \$1.898.707 (individual) y de \$132.905.264.720 a nivel agregado teniendo en cuenta el reporte de visitantes.
13	James Cruz	2003	Parque Regional Johnny Cay	Arrecifes de coral, playas y pastos marinos.	√	Valoración contingente.	Estimó la tarifa de entrada a turistas al Parque Johnny Cay en \$9.600 (precios corrientes 2002 y 2003).

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
14	Cabeza-Paternina y Montiel-Montiel	2005	*	Manglar	-	Función de producción de salud.	Construyó una función de producción de salud para estimar el beneficio bruto de una mejor calidad ambiental. El resultado fue comparado con los costos de inversión en instalación del alcantarillado de la zona suroriental de Cartagena e indicaron VPN de \$26.510.342 para dermatitis, 456.475 para diarrea y \$48.293.641 para gastroenteritis.
15	Maya Álvarez	2006	Reserva de Biósfera Sea Flower	Arrecifes de coral			
16	Guzmán-Rada y Tolosa-Reales	2007	PNNT	Arrecifes de coral, playas, manglar, bosque seco y pastos marinos.	√	Valoración contingente y costo de viaje.	Estimó el valor medio de los servicios recreativos ofrecidos por el Parque Nacional Natural Tayrona en \$1.655.000.000 por año.

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
17	Lozano-Torres	2007	*	Manglar	-	Precios de mercado.	Estimó el costo de oportunidad de la asignación de uso del bosque de manglar de la UMI Guiapi-Iscuandé al secuestro de carbono en un valor medio de US\$7,87 por tonelada (Precios constantes de 2002. Período y tasa de descuento de 30 años y 12%). Indica que este costo (que no incluye costos de transacción, sólo costo de oportunidad de actividades desplazadas: cultivo de coco, leña y producción de carbón) limita el potencial como sumideros de carbono, dando un precio de US\$10/ton.
18	Yáñez-Contreras	2007	*	Manglar	-	Costo de tratamiento de la enfermedad	Se estimó el ahorro en costos de tratamiento anuales de dermatitis, enfermedad diarreica y respiratoria en \$17.731.000 por zona y \$6.554 por hogar con la ejecución de políticas de saneamiento como la construcción de un emisario submarino que eliminaría el uso de la Ciénaga de la Virgen como receptor de aguas residuales (precios de 2006).

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
19	Mogollón-Duffó	2008	PNNCRSB	Arrecifes de coral, playas, manglar y pastos marinos.	√	Costo de viaje y valoración contingente	El flujo de beneficios sociales, ambientales y económicos que pueden ser generados por el PNNCRSB, debido a sus características se estimó en \$48.598.265.410 (US\$ 22.064.445 en US dólares de 2006).
20	Julio-Giraldo	2008	*	Manglar	–	Precios hedónicos.	El modelo estimó una DAP de \$9.850 por cada metro de distancia adicional de separación de los manglares urbanos. Lo anterior indica que el valor de la propiedad aumenta con la distancia de separación de los manglares urbanos.
21	El Kouri	2008					
22	Hernández-Mercado	2008	PNNT	Arrecifes de coral, playas, manglar, bosque seco y pastos marinos.	√	Valoración contingente.	La DAP se estimó en \$10.535 para nacionales y 43.701 para extranjeros. La utilidad a diez años por uso del sendero se calculó en \$934.248.280.

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
23	Invemar	2010a	SFFCGSM	Manglar		Precios de mercado	Las estimaciones de beneficios generados por el bosque de manglar de la CGSM en términos de secuestro de carbono indicaron que se encuentran entre US\$87,76 y US\$591,41 por hectárea según la zona y características del bosque, tomando como referencia los precios pagados por el Banco Mundial, correspondientes a los CER forestales no permanentes.
24	Daza-Daza	2009	SFFCGSM				
25	Invemar	2011	PNNT	Arrecifes de coral, playas, manglar, bosque seco y pastos marinos.	√	Valoración contingente.	La DAP media marginal para Cabo San Juan - La piscina se estimó en \$3.926. Teniendo en cuenta una tarifa de ingreso actual de \$13.000 para nacionales y aprox. \$45.600 (US\$24) para extranjeros. La DAP total para cada grupo se estimó en 16.926 y 49.526, respectivamente (precios corrientes de 2010).

No	Autor	Año	Área protegida	Ecosistemas predominantes	Incluye recreación	Método	Medida de bienestar
26	Barón-Murillo	2010	*	Manglar			
27	Invemar	2010b	PNNCRSB, Reserva de Biósfera Sea Flower, Parque regional Johnny Cay y PNNT	Arrecifes de coral.	√	Transferencia de beneficios.	Con respecto a la hipótesis de transferibilidad, la tasa de error de transferencia muestra valores inferiores al 40 % para algunas observaciones de sitios coralinos en Colombia (PNN Corales del Rosario y San Andrés). Esta conclusión no pudo ser confirmada para el caso del PNNT.

* Las normatividad que define el esquema de conservación de los manglares de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Sucre y Bolívar varía en el orden regional.

DAP: disponibilidad a pagar.

VPN: valor presente neto.

10.6 Literatura citada

- Brander, L.M., van Beukering, P., & Cesar, H.S.J. 2007. The recreational value of coral reefs: A meta-analysis. *Ecological Economics*, 63 (1), 209-218.
- Cabeza-Paternina, D.E. y M.M. Montiel-Montiel. 2005. Valoración económica ambiental del impacto de la contaminación proveniente de la Ciénaga de La Virgen y uso moderado de los canales pluviales sobre el sector foco rojo de la zona sur oriental de Cartagena, Colombia. Trabajo de pregrado. Universidad de Cartagena.
- Castellanos, L., H. Mayorga y C. Duque. 2010. Estudio de la composición química y actividad antifouling del extracto de la esponja marina *Cliona delitrix*. *VITAE*, 17 (1): 209-224.
- Castiblanco, C. 2002. Valoración parcial de los bienes y servicios que provee el ecosistema de manglar. Un análisis ecológico - económico integrado. *Gestión y Ambiente*. 5 (2). 24 p.
- CEPAL/ICLARM. 1992. Informe del Modelo de Valoración Económica de los Manglares de Nariño, Colombia. Vol 1 y 2.

- Cuadrado-Silva, C.T., L. Castellanos-Hernández, O.E. Osorno-Reyes, F.A. Ramos-Rodríguez y C. Duque-Beltrán. 2010. Estudio químico y evaluación de la actividad antifouling del octocoral caribeño *Eunicea laciniata* Quim. Nova, 33 (3): 656-661.
- Daza-Daza, M.M. 2009. Valoración económica de los servicios ecosistémicos provistos por las áreas protegidas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 54 p.
- De la Pava, M.L. y C. Mosquera. 2001. Diagnostico Regional de la Cadena Camarón de Pesca en el Pacífico Colombiano. Documento Técnico presentado al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. ACODIARPE, Buenaventura, 41 p.
- Díaz, J. 2003. Efecto de la precipitación, el caudal de los ríos y los ciclos EL NIÑO-Oscilación del Sur sobre la abundancia del camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*) en el Pacífico colombiano. Tesis. Universidad de Concepción. Chile, 106 p.
- Díaz-Merchán, J.A. 2001. Hallando la tarifa de entrada óptima al Parque Corales del Rosario: Un modelo de disponibilidad a pagar. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 41 p.
- El Kouri, A. 2008. Valoración de los recursos hidrobiológicos en zonas de conservación en el Caribe colombiano. Trabajo de pregrado.. Universidad de los Andes. Bogotá. 24 p.
- EJF. 2003. Squandering the seas: How shrimp trawling is threatening ecological integrity and food security around the world. Environmental Justice Foundation, London, 45 p.
- Fajardo-Vázquez M. 2009. Valoración económica de los ecosistemas de manglar del Pacífico colombiano. Trabajo de pregrado. Universidad del Valle. 82 p.
- FAO. 2009. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008. FAO. Roma, 218 p.
- Fernández de Castro M., A. García-Portillo, P. Pardo-Pardo y F. Pertuz-Cantillo. 1993. Valoración económica del bosque de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de especialización. Universidad del Norte. Barranquilla. 127 p.
- García M. 1984. Efectos sobre la pesca de arrastre sobre la fauna acompañante del camarón. Comisión de pesca para el Atlántico Centro Occidental (COPACO). INDERENA, Bogotá, 16 p.
- García, S. y L. Le Reste. 1981. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones pendidos costeros. FAO. Roma, 180 p.
- Gillett, R. 2008. Global study of shrimp fisheries. Fisheries Technical Paper 475. FAO. Rome, 359
- Goodwin, H. 1998. Tourism, conservation, and sustainable development: case studies from Asia and Africa. IIED wildlife and development series, no. 12. London: International Institute for Environment and Development.
- Guzmán-Rada, J. y D. Toloza-Reales. 2007. Valoración económica del uso recreativo del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) a través de los métodos de valoración contingente y costo de viaje. Trabajo de pregrado en Economía. Universidad del Magdalena. Santa Marta. 117 p.

- Harris, A. y R. Poiner. 1990. By-catch of the prawn fishery of Torres Strait; Composition and partitioning of the discards into components that float or sink. *Aust. J. Mar Freshwater Res.*, 41: 37-52.
- Hernández-Mercado, J.L. 2008. Valoración económica del uso de un sendero de interpretación marino-costero en la bahía de Neganje a través del método de valoración contingente. Trabajo de pregrado. Universidad del Magdalena. Santa Marta. 63 p.
- Ibáñez, A.M. 2001. The random utility model for recreation: A model for incorporating health effects and the costs of imperfect information. Documento CEDE D2001-03. 33 p.
- Ibáñez, A.M., N. Lozano y K. McConnell. 1998. Benefits of improving water quality in Cartagena Bay. Documento CEDE 98-22. 23 p.
- INVEMAR. 2011. El valor recreacional de los arrecifes coralinos del Parque Nacional Natural Tayrona. Documento de trabajo. 25 p.
- INVEMAR. 2010a. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2009. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 319 p.
- INVEMAR. 2010b. El valor recreacional de los arrecifes coralinos en Colombia: estudios de caso contrastando valoración primaria y transferencia de beneficios. Informe BPIN 2010. 28 p.
- INVEMAR. 2009a. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2008. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 244 p.
- INVEMAR. 2009b. Aproximación a la valoración económica del manglar como sumidero de CO₂. Informe BPIN VAR 2009. 12 p.
- INVEMAR. 2008a. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 380 p.
- INVEMAR. 2008b. Informe técnico final BPIN VAR 2008, actividad valoración. Santa Marta.
- INVEMAR. 2008c. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe técnico final. INVEMAR, 102 pp +Anexos.
- INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2006. Serie de publicaciones periódicas No.8. Santa Marta, 378 p.
- INVEMAR. 2006. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 360 p.
- INVEMAR. 2005. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2004. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 213 p.
- INVEMAR. 2004. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2003. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 229 p.
- INVEMAR, 2003. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2002. Serie de publicaciones periódicas No. 8. Santa Marta, 292 p.

- James-Cruz, J.L. 2003a. Estimación de la tarifa de acceso al Parque Regional Johnny Cay. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 43 p.
- James-Cruz, J.L. 2003b. Estimación de la tarifa entrada para turistas: Parque Regional Johnny Cay. Informe presentado a Coralina.
- Jobbins, G. 2006. Tourism and coral-reef-based conservation: can they coexist? In Côté and J.D. Reynolds (Eds.), Coral reef conservation (pp. 237-263). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Julio-Giraldo, C. 2008. Valoración económica de los manglares urbanos de la ciudad de Cartagena de Indias: Una aplicación a la Gestión Ambiental. Tesis magíster. Universidad Javeriana - Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena.
- Kristofersson, D., y S. Navrud. 2005. Validity tests of benefit transfer—are we performing the wrong tests? *Environmental and Resource Economics* 30 (3), 279–286.
- Ledoux L. y R.K. Turner. 2002. Valuing ocean and coastal resources: a review of practical examples and issues for further action. *Ocean & Coastal Management* 45: 583–616.
- Londoño-Díaz, L.M. 2010. The Recreational Value of Coral Reefs: Classical and Bayesian Meta-Analytic Approaches to Benefit Transfer. Tesis de doctorado. Universidad de Connecticut. Storrs, USA. 138 p.
- Londoño-Díaz, L.M. 2003. Preferencias lexicográficas y valoración contingente: Un estudio de caso en el ecosistema de corales de San Bernardo, Caribe Colombiano. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 49 p.
- Loomis, J.B. y R.S. Rosenberger. 2006. Reducing barriers in future benefit transfers: Needed improvements in primary study design and reporting. *Ecological Economics*, 60 (2): 343-350.
- Lozano-Torres, Y. 2007. Los Sumideros de carbono: Un análisis de la potencialidad económica en un bosque de manglar del Pacífico vallecaucano. *Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente-ElDENAR*. Ejemplar 6 / Enero - Diciembre 2007. Descargado de: <http://eidenar.univalle.edu.co/revista/ejemplares/6/i.htm> en Febrero 3 de 2011.
- MADR-CCI. 2011. Pesca y acuicultura en Colombia. Informe técnico regional litoral Caribe y Pacífico 2010. CCI-MADR. Bogotá.
- Martelo-Martelo, T.M. 1999. Valoración económica de los servicios recreativos del Parque Natural Gorgona. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 52 p.
- Maya Álvarez, María Fernanda. 2006. Valoración económica de los arrecifes: un componente importante de las estrategias de gestión ambiental en San Andrés. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 30 p.
- Mogollón-Duffó, A.A. 2008. Valoración económica del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo, Colombia. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 69 p.
- Mora, J., J. Martínez, F. Escorcía y D. Osorio. 1989. Observaciones sobre la pesca industrial del camarón en la Península de la Guajira. *Recursos Hidrobiológicos. Rev. Cient. e Inf. INDERENA CIP*, Cartagena, 2:34-50.

- Morales-Alarcón, D. 1998. Valoración económica de áreas naturales. Estudio de caso las islas de Providencia y Santa Catalina. Tesis de magíster. Universidad Javeriana. Bogotá.
- Morera, L. 1997. Valoración económica de los servicios recreativos de un área protegida: El Parque Nacional Tayrona. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá.
- Newball, R. 2001. Valoración económica del diseño e implementación de un AMP en un archipiélago del Caribe: Un caso de estudio en los arrecifes coralinos de la isla de San Andrés– Colombia. Tesis de especialización. Universidad de los Andes. Bogotá.
- Osorio, D. 1986. Estimaciones de las capturas de camarón y fauna acompañante en el Caribe norte de Colombia. (durante el 6 y el 12 de junio de 1986). INDERENA, Cartagena, 45 p.
- Páramo, J, N. Correa y E. Egurrola. 2006. Dinámica de la pesquería del camarón de aguas someras (*Farfantepenaeus notialis*) (Pérez Farfante, 1967), en el Caribe colombiano. Informe Final Proyecto Valoración biológico-pesquera y ecológica de la pesca industrial de arrastre camarero e impacto de la introducción de dispositivos reductores de fauna acompañante, en el Mar Caribe colombiano. Universidad del Magdalena. Santa Marta, 20 p.
- Pomeroy, R.S., L.M. Watson, J.E. Parks, y G.A. Cid. 2005. How is your MPA doing? A methodology for evaluating the management effectiveness of marine protected areas. *Ocean & Coastal Management*, 48 (7-8): 485-502.
- Pauly, D y G.I. Murphy. 1982. Theory and management of tropical fisheries. ICLARM/CSIRO, Manila.
- Rico-Mejía, F. y M. Rueda. 2007. Evaluación experimental bioeconómica de cambios en la tecnología de captura de camarón con redes de arrastre en aguas someras del Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. y Cost.*, 36: 79-109.
- Rodríguez, W., O. Osorno, F.A. Ramos, C. Duque y S. Zea. 2010. New fatty acids from Colombian Caribbean Sea sponges *Biochemical Systematics and Ecology* 38: 774-783.
- Rodríguez de Francisco, J.C. 2003. Valoración económica del Parque Nacional Natural Tayrona: Metodología de los costos de viaje. Trabajo de pregrado. Universidad Javeriana. Bogotá.
- Rosenberger, Randall S.; Loomis, John B. 2001. Benefit transfer of outdoor recreation use values: A technical document supporting the Forest Service Strategic Plan (2000 revision). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-72. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 59 p.
- Rodríguez-Rubio, E. 2010. Condiciones oceanográficas presentes en el Pacífico colombiano, Concepto Técnico. DIMAR. Bogotá. 7 p.
- Rueda, M., J.A. Angulo, N. Madrid, F. Rico y A. Girón. 2006. La pesca industrial de arrastre de camarón en aguas someras del Pacífico colombiano: su evolución, problemática y perspectivas hacia una pesca responsable. INVEMAR. Santa Marta, 60 p.

- Rueda, M., F. Rico, W. Angulo, A.L. Rodríguez, A. Girón, L.M. García y L.N. Arenas. 2010. Evaluación biológico-pesquera del estado de las poblaciones de camarón de aguas profundas, mediante la aplicación de métodos directos (prospección pesquera) e indirectos (estadísticas de captura y esfuerzo) en el Pacífico colombiano. Informe Final del Proyecto código 031 2007T6650-909-07 MADR. INVEMAR. Santa Marta, 70 p + Anexos.
- Seijo, J.C., O. Defeo y S. Salas. 1997. Fisheries bioeconomics. Theory, modelling and management. FAO Fish. Tech. Pap. 368, Rome, 176 p.
- Shrestha, R.K., y J.B. Loomis. 2001. Testing a meta-analysis model for benefit transfer in international outdoor recreation. *Ecological Economics*, 39 (1): 67-83.
- Valderrama, K., L. Castellanos y Sven Zea. 2010. Validation and evaluation of an HPLC methodology for the quantification of the potent antimetabolic compound (1)-discodermolide in the Caribbean marine sponge *Discodermia dissoluta* J. Sep. Sci., 33: 2316-2321.
- Viaña, J., A. Medina, L. Manjarres, M. Barros y J. Altamar. 2004. Evaluación de la ictiofauna demersal extraída por la pesquería industrial de arrastre en el área norte del Caribe colombiano (enero/2000-junio/2001). En: Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico-pesqueros y poblacionales del recurso pargo. (INPA-COLCIENCIAS) 115-151.
- Yáñez-Contreras, M.A. 2007. Costos de la enfermedad asociados a la contaminación de la ciénaga de La Virgen en Cartagena de Indias. Tesis de magíster. Universidad de los Andes. Bogotá. 52 p.
- Yáñez-Arancibia, A. 1984. Ecología de la Zona Costera, análisis de siete tópicos. A.G.T. ed. México, D.F., 189 p.
- Yáñez-Arancibia, A. y P. Sánchez-Gil. 1986. Los peces demersales de la plataforma continental del sur de México. 1. Caracterización ambiental, ecología y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades. Inst.Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 9 (Publicación especial). México, 230 p.
- Weij, X., A.D. Rodríguez, P. Baran y R.G. Raptis. 2010. Dolabellane-Type Diterpenoids with Antiprotozoan Activity from a Southwestern Caribbean Gorgonian Octocoral of the Genus *Eunicea*. *J. Nat. Prod.*, 73: 925-934.



ESTADO DEL MANEJO DE LOS AMBIENTES MARINOS Y COSTEROS EN COLOMBIA

CAPÍTULO VI

*Colombia avanza en la implementación de un
Sistema de Áreas Marinas Protegidas,
compromiso internacional al interior del
Convenio de Diversidad Biológica
(Fotografía: GEO-INVEMAR)*

11. Avances en la implementación de instrumentos de planificación para zonas marinas y costeras

Pilar Lozano-Rivera, Ángela López Rodríguez, Paula Cristina Sierra-Correa

11.1 Contexto nacional e internacional

La zona costera (ZC) es un espacio complejo donde se generan importantes procesos ecológicos, económicos e institucionales que requieren una planificación y manejo enfocado a conciliar el uso del espacio y de los recursos naturales. Es así como el conocimiento de la dinámica de los problemas de las ZC y su tratamiento particular, participativo y dinámico mediante el Manejo Integrado de Zonas Costera (MIZC) (Steer *et al.*, 1997) se asume como eje organizativo para la toma de decisiones, enfocado a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica marina y costera, siendo una meta internacional promovida desde la Convención de RAMSAR (1971), la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992) y adoptada en los planes de acción de la Agenda 21 del Convenio sobre la Diversidad Biológica CDB (1992).⁵

Bajo este contexto, Colombia ha fortalecido su compromiso con al CDB y el Mandato Jakarta (1995) a través de varios procesos de planificación para la conservación y el ordenamiento ambiental del territorio (OAT), tanto en el Caribe como en el Pacífico colombiano, los cuales han sido orientados bajo el marco internacional MIZC y la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia Pnaoci (MMA, 2001), los cuales sustentan y apoyan, bajo estrategias completarias la sostenibilidad de la base natural y el OAT.

Los procesos MIZC desarrollados entre Institutos de Investigación en Ciencias del Mar, corporaciones autónomas regionales, actores locales y otros agentes gubernamentales y no gubernamentales han permitido analizar las implicaciones del desarrollo y los conflictos de uso; guiar el fortalecimiento de las instituciones, las políticas y la participación local a la toma de decisiones, y al mismo tiempo han apoyado la sostenibilidad ambiental sectorial, mediante lineamientos ambientales para el desarrollo de actividades productivas en la ZC. Estos procesos en algunos casos ya se han compatibilizado con los planes de OAT y, por otro lado, han estado en concordancia con ejercicios de planificación para identificación de áreas prioritarias de conservación, donde estos últimos, apoyan el establecimiento de regiones integrales de planificación y OAT con responsabilidades claramente definidas (MMA, 2001), en donde por ejemplo, mediante el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) permite dar un sustento técnico-científico y mayor responsabilidad a los gobiernos regionales y locales para asumir metas de conservación (Figura 11.1).

⁵ El convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) fue suscrito en junio de 1992 en la conferencia de Río de Janeiro.

Es así como la sostenibilidad ambiental y el OAT constituyen la base para el MIZC, y complementariamente permiten definir las prioridades de manejo y pautas ambientales para áreas específicas, aportando a los planes de desarrollo, ordenamiento territorial, gestión ambiental, en el orden departamental y municipal, al igual que a los planes de manejo de los consejos comunitarios y los planes de vida de las comunidades indígenas.

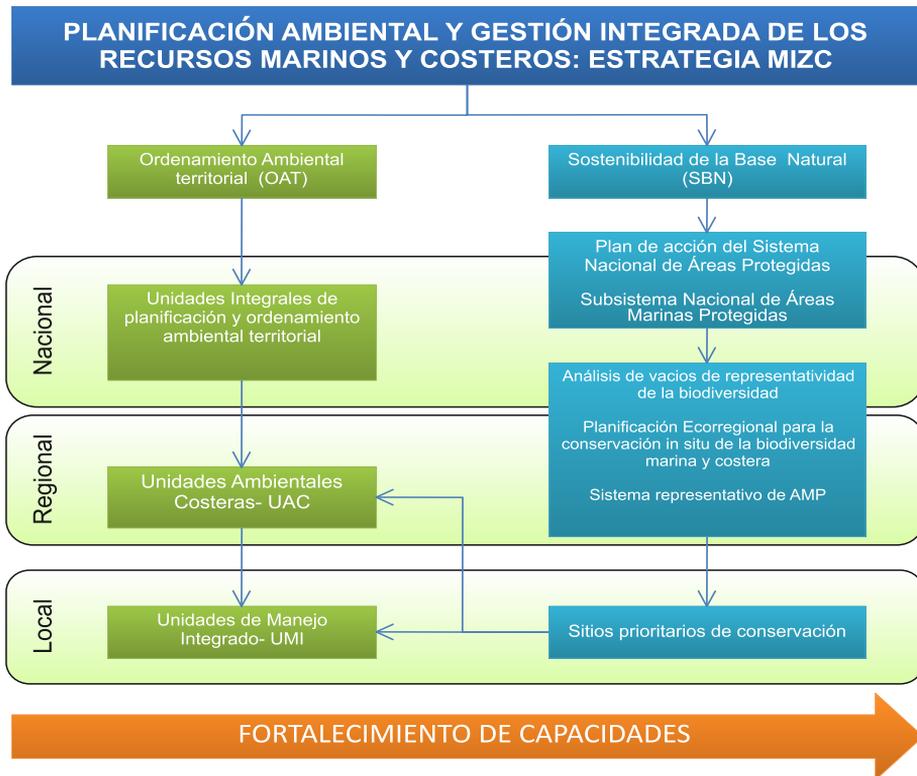


Figura 11.1 Esquema de las acciones desarrolladas para la planificación ambiental y la gestión integrada de los ambientes marinos y costeros en Colombia.

La estrategia que permite incluir al MIZC como orientador de los esfuerzos públicos y privados para la planificación integral del desarrollo es el OAT, cuyo objetivo es conocer y valorar los recursos naturales a fin de reglamentar las prioridades y los usos sostenibles del territorio; asimismo establece las instancias claras para su desarrollo dentro del proceso de administración (MMA, 2001).

La Pnaoci define claramente cuatro unidades integrales de planificación y ordenamiento ambiental territorial: Región Pacífico, Región Caribe Insular, Caribe Continental y Oceánica. Éstas integran y estructuran las políticas y las acciones públicas y privadas encaminadas al desarrollo sostenible de las áreas marinas y costeras. Cada unidad alberga unidades ambientales costeras y oceánicas (UACO), donde la planificación se lleva a cabo bajo un enfoque y manejo integral, para desarrollar eficientemente procesos de zonificación, lineamientos y pautas de manejo específicas a las problemáticas de cada unidad.

La metodología propuesta para llevar a cabo la adopción del MIZC en Colombia y la formulación de los planes de manejo integrado en cualquier unidad de manejo se denomina metodología COLMIZC. Esta consta de un período de preparación y cuatro etapas que incluyen caracterización y diagnóstico, formulación y adopción, implementación, y evaluación (Figura 11.2).

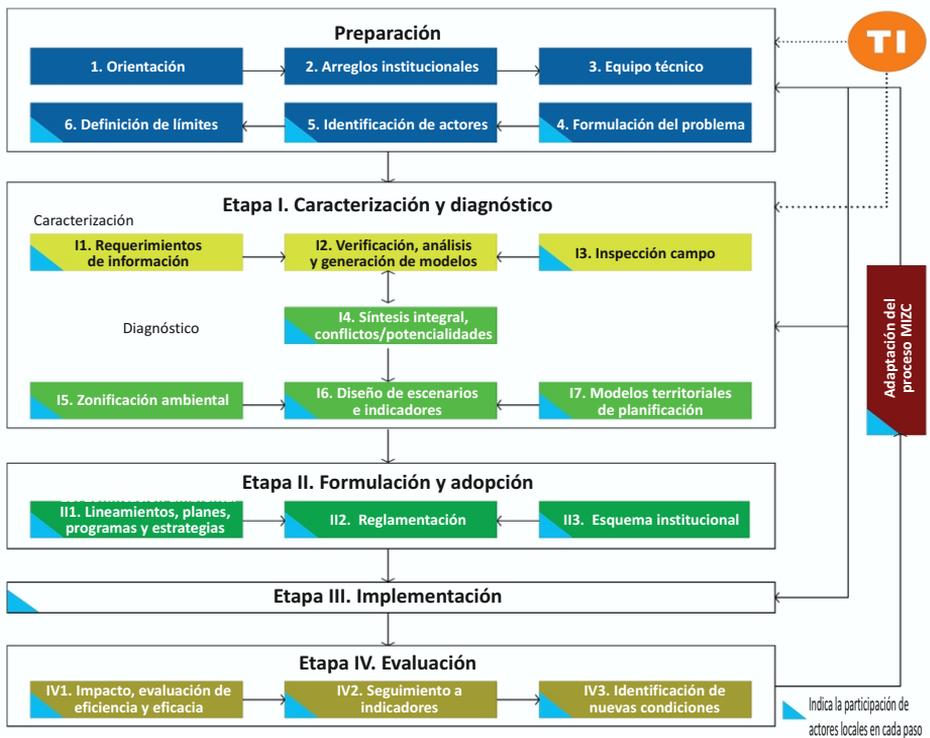


Figura 11.2 Metodología COLMIZC (Tomado de Rojas *et al.*, 2010).

En el marco de la Pnaoci y la visión Colombia 2019 se han establecido para cada UACO específica los objetivos de manejo, con el fin de disminuir las problemáticas actuales y desarrollar sus potencialidades; los cuales mediante pautas de intervención ordenadas y retroalimentadas por las comunidades, actores locales y las visiones de los instrumentos de planificación local, regional y nacional se constituyen en líneas de acción. Estos objetivos de manejo permiten definir los lineamientos de manejo para cada UACO, los cuales se basan en principios ya sea de equidad social, viabilidad económica, prevención, precaución, compensación ecológica, integridad ecológica, restauración, entre otros que, finalmente, permiten definir programas y acciones de manejo para implementar en las áreas propuestas en la zonificación ambiental.

11.2 Formulación del indicador

- **Nombre del indicador**

Avance en la implementación de instrumentos de planificación para zonas marinas y costeras.

- **Propósito del indicador**

Reportar el avance del proceso de MIZC a través del seguimiento a la implementación de instrumentos de planificación y manejo relacionados.

- **Parámetros**

Este indicador comprende dos elementos que se consideran importantes en el proceso de planificación y manejo de las zonas costeras. El primero es la implementación de acciones de manejo medido a través de las UACO. Aquí se incluyen todos aquellos instrumentos de planificación que aportan al manejo como son los planes de manejo integrado, los planes de manejo para ecosistemas estratégicos y la identificación de áreas prioritarias para la conservación o áreas significativas de biodiversidad. El segundo aspecto se relaciona con el fortalecimiento de capacidades a los entes locales, regionales y/o nacionales, entendido como un instrumento para la planificación en las zonas marinas y costeras.

- **Periodicidad**

El cálculo de este indicador será anual.

- **Metodología de cálculo y unidades de medida**

Las fórmulas de cálculo de los dos parámetros seleccionados para el indicador se explican de la siguiente manera:

Existencia y estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UACO. Este parámetro representa el número de UACO que cuentan con avances en el MIZC, especificando la etapa en la que se encuentra, de acuerdo a la metodología COLMIZC, y relacionando el año en el que se realiza dicho avance y el número total de UACO existentes en la zona costera. Su unidad de medida es porcentaje (%).

El cálculo se realiza a través de la expresión:

$$\frac{(\# \text{ UACO con avances en la etapa N de la metodología COLMIZC})}{(\# \text{ Total de UACO en la zona costera})} * 100$$

Donde, N se refiere a:

Preparación
 Caracterización
 Diagnóstico
 Lineamientos, planes, programas y estrategias
 Reglamentación
 Esquema institucional

Fortalecimiento de capacidades para el MIZC: Este parámetro muestra el número de personas instruidas en cursos de capacitación no formal en los temas de MIZC y Áreas Marinas Protegidas (AMP). Su unidad de medida es número de personas.

Personas capacitadas en T_i + # Personas capacitadas T_(i+1)

- **Reportes**

El reporte del indicador incluye para ambos parámetros una introducción de los resultados encontrados durante el período de análisis y elementos descriptivos como tablas, gráficos y mapas. Para el parámetro existencia y estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UACO el reporte incluye: (i) una tabla descriptiva de las acciones de manejo realizadas en cada una de las UACO, clasificadas de acuerdo a su estado de avance y (ii) un mapa con la representación del avance en la implementación de los instrumentos de planificación en cada una de las UACO, relacionando el año en el que se realiza dicho avance. Asimismo, en el reporte del parámetro de fortalecimiento de capacidades para el MIZC se observan dos elementos: (i) una tabla con su respectivo gráfico donde se observa el número de personas formadas por año en los diferentes eventos de capacitación realizados y (ii) Un mapa con la representación del lugar de origen (por departamento) de las entidades que han participado en los procesos de fortalecimiento de capacidades para el MIZC.

11.3 Reporte del indicador

11.3.1 Existencia y estado de avance en la implementación de planes de manejo integrado en las UAC

El esfuerzo conjunto y continuo de las entidades del Sina, la academia, ONG y consejos comunitarios, entre otros, ha permitido abarcar y avanzar en la planeación marino-costera e incorporar los lineamientos del MIZC al OAT, los cuales se enmarcan en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 'Estado Comunitario: desarrollo para todos'; específicamente en el capítulo V del programa: "Una Gestión Ambiental que promueva el Desarrollo Sostenible" (DNP, 2006). De igual manera, responde a los principios y objetivos de la 'Visión Colombia II Centenario: 2019' y su estrategia de aprovechamiento sostenible de los recursos marino-costeros para el desarrollo integral del territorio (DNP, 2007).

Igualmente, parte de las acciones que entran a fortalecer los procesos de MIZC en las UACO, son los avances en la planificación de AMP y el desarrollo de planes de manejo en ecosistemas estratégicos caso manglares. Ambos se constituyen en herramientas de soporte para el MIZC, al aportar elementos en sus diferentes etapas: (i) aportan con información de línea base para la caracterización y diagnóstico, (ii) contribuyen a la zonificación ambiental de las UACO, pues permiten la identificación de áreas de protección y para el caso de los ecosistemas áreas para uso sostenible y (iii) aportan en la identificación de estrategias de manejo específicas a las AMP y los ecosistemas estratégicos.

Con relación al tema de las AMP, en el marco las acciones que en Colombia se han desarrollado para el fortalecimiento del Sinap, desde hace diez años el país se ha dado a la tarea de avanzar en el 'Diseño e implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia', lo cual se enmarca en los compromisos internacionales adquiridos por el país en el Convenio sobre Diversidad Biológica, entre los cuales se estableció que para el 2012 se esperan tener sistemas representativos, efectivos y completos de áreas marinas protegidas a nivel regional y nacional, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos; y en el ámbito nacional responde a las directrices de la Pnaoci, en la cual se estableció como meta el establecimiento nacional y regional del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). En este proceso se ha avanzado con la identificación de sitios prioritarios de conservación y áreas significativas de biodiversidad, con el fin de contribuir a la conservación *in situ* de la biodiversidad marina y costera.

Por otra parte, la Pnaoci establece entre sus objetivos la necesidad de incluir los ecosistemas marinos y costeros dentro del ordenamiento territorial de la Nación, reconociéndolos como parte integral y estratégica del territorio, para armonizar sus

usos y las actividades que allí se realicen. En este sentido, los procesos de planificación orientados hacia los ecosistemas estratégicos marinos y costeros aportan elementos importantes para cumplir con este objetivo en el marco de los procesos de MIZC. Caso particular lo tienen los ecosistemas de manglar, los cuales debido a su importancia ecológica y social han sido objeto desde hace 15 años de un marco regulatorio particular orientado a su conservación y uso sostenible, a través de las resoluciones 1602/95 y 020/96 del hoy MAVDT.

En la Tabla 11.I se describe el cálculo del indicador describiendo la existencia y estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UACO, de acuerdo a los primeros pasos de la metodología COLMIZC.

Tabla 11.I Cálculo del indicador existencia y estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UACO.

Etapas	Número de UACO	%
UACO que han avanzado en la etapa de Preparación .	11	91.67
UACO que han avanzado en la Caracterización .	11	91.67
UACO que han avanzado en el Diagnóstico .	7	58.33
UACO que han avanzado en Lineamientos, planes, programas y estrategias.	5	41.67
UACO que han avanzado en la Reglamentación .	1	8.33
UACO que han avanzado en el Esquema Institucional .	2	16.67

Complementando lo anterior, la Tabla 11.II señala una breve descripción de los avances en la implementación de los instrumentos de planificación por cada una de las UACO, que resumen las acciones realizadas a través del período de análisis del indicador (1999-2010). En las figuras 11.3 y 11.4 se observa la localización de cada una de las UACO y una representación del avance en la implementación de los instrumentos de planificación.

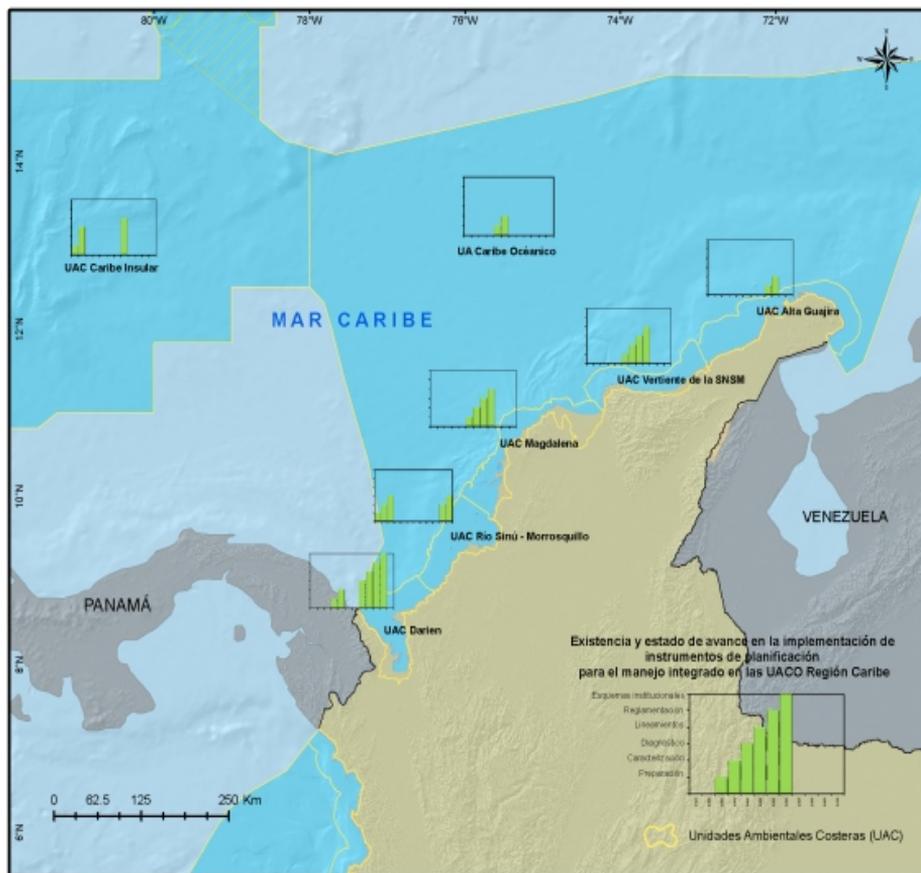


Figura 11.3 Existencia y estado de avance en los instrumentos de planificación para el manejo integrado en el Caribe colombiano 1999-2010.

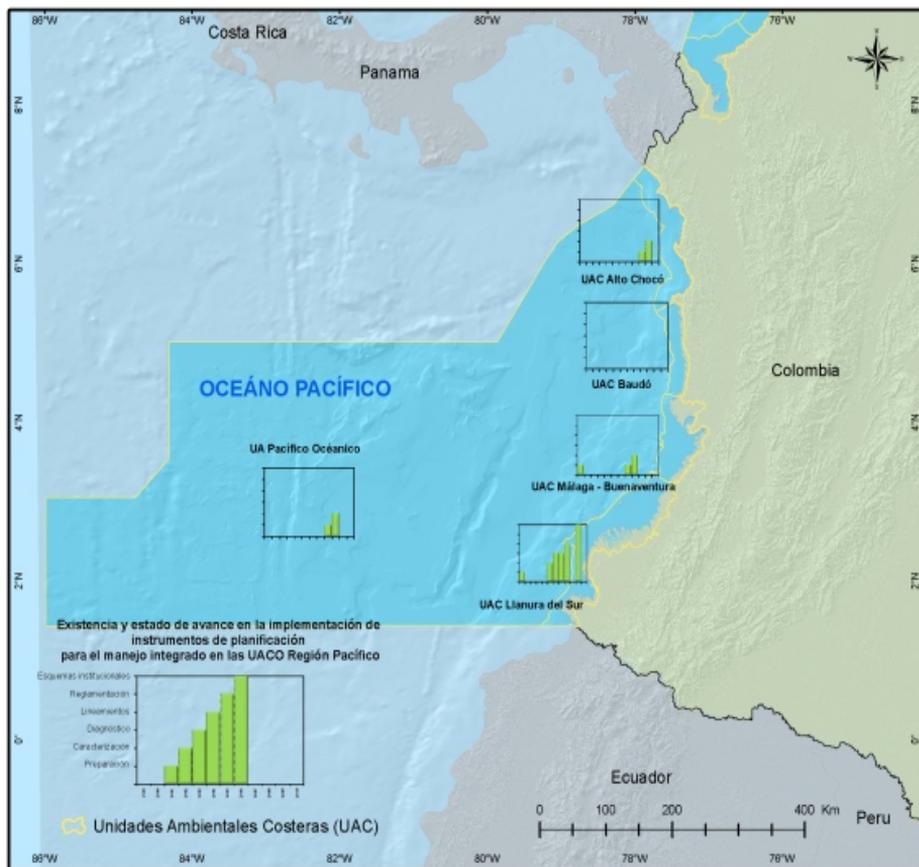


Figura 11.4 Existencia y estado de avance en los instrumentos de planificación para el manejo integrado en el Pacífico colombiano 1999-2010.

Tabla 11. II Descripción de estado de avance en la implementación de instrumentos de planificación para el manejo integrado en las UACO.

Nombre de la unidad integral	Nombre de la UAC	Estado de avance				Esquema Institucional	
		Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Lineamientos		Reglamentación
Caribe Insular de Planificación Integral	UAC Caribe Insular	<p>Delimitación. Comprende todo el territorio del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, los terrenos emergidos así como los recursos de la plataforma arrecifal y prearrecifal, y los espacios oceánicos.</p> <p>En el 2000 se realizó la caracterización biofísica, socioeconómica y de actores para la nominación del área como Reserva de la Biósfera Seaflower, bajo un convenio entre Coralina e INVEMAR. Desde 2006 Coralina adelanta actividades para la implementación del Plan de Manejo de la Reserva de la Biósfera, las cuales incluyen la zonificación de la Reserva de la Biósfera y el ordenamiento ambiental de los manglares.</p>					
Caribe Continental y Oceánico Integral de Planificación	UAC Alta Guajira	Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Lineamientos	Reglamentación	Esquema Institucional
<p>Delimitación. Desde Castilletes (frontera con Venezuela) hasta la boca del río Ranchería en el departamento de La Guajira.</p> <p>Durante el 2004 se realizó, a través de un convenio interinstitucional INVEMAR-Corpoaguajira, la caracterización biofísica de la zona costera del departamento de La Guajira (río Ranchería hasta Castilletes), específicamente en los siguientes aspectos: (i) caracterización de los ecosistemas costeros; (ii) desarrollo de una tecnología de policultivo apropiada por parte de una comunidad de pescadores artesanales; (iii) inventario preliminar de los macroinvertebrados y peces demersales en los principales ecosistemas costeros de La Guajira (10 a 50 m de profundidad); (iv) caracterización de las aguas y sedimentos de la plataforma continental de La Guajira. Igualmente, hace parte de los procesos de la UAC el proyecto 'Diseño de una Red de Áreas Marinas Protegidas- AMP, para el norte del Caribe continental colombiano' en convenio entre la UAESPNN, Corpoaguajira, Corpamag, <i>The Nature Conservancy</i> e <i>Environmental Defense</i>, con el apoyo de Colciencias (2005-2006); y la zonificación ambiental de los ecosistemas de manglar y la formulación de su plan de manejo realizados en el 2009.</p> <p>Estas acciones se enmarcaron dentro de las prioridades de Corpoaguajira para contribuir al subprograma MIZC de 'Ecosistemas estratégicos', a la implementación y seguimiento de los planes de manejo ambiental enfocados a humedales costeros, manglares y AMP del departamento, y en especial se destaca: que permitió promover el manejo de los ecosistemas, apoyar el aprovechamiento racional y alternativo de los recursos por parte de las comunidades e identificar la estructura institucional y el alcance de los instrumentos normativos existentes.</p>							

Nombre de la unidad integral	Estado de avance			
	Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Lineamientos Reglamentación Esquema Institucional
UAC Vertiente Norte Sierra Nevada de Santa Marta	<p>Delimitación. Desde la boca del río Ranchería (inclusive) en el departamento de La Guajira hasta la boca del río Córdoba (inclusive) en el departamento del Magdalena.</p> <p>Durante el período 2004-2007 se avanzó en la porción (Palomino hasta el río Ranchería), a través del proyecto ‘Caracterización de la zona costera del departamento de La Guajira’. Paralelamente se ejecutó el proyecto ‘Diseño de una Red de Áreas Marinas Protegidas—AMP, para el norte del Caribe continental colombiano’ en convenio entre la UAESPNN, Corpogujaira, Corpamag, <i>The Nature Conservancy Environmental Defense</i>, con el apoyo de Colciencias (2005-2006), el cual contribuyó técnica y conceptualmente al Sistema Regional de Áreas Protegidas en el Caribe Colombiano (SIRAP). Durante 2007 INVERMAR presentó el Plan de Acción 2007-2008 para esta UAC y consecutivamente, prospectó y apropió el inicio de las fases I y II del proceso MIZC para el 2008, así como se dieron las pautas iniciales para la formulación de los lineamientos de manejo integrado.</p>			
UAC Magdalena*	<p>Delimitación. Complejo Canal del Dique-Sistema Lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta: desde la boca del río Córdoba hasta el Canal del Dique (inclusive). Incluyendo el Archipiélago de las Islas del Rosario.</p> <p>En esta UAC no se ha llevado el proceso de MIZC de manera integral, y los procesos planificación de la zona costera se han dado de acuerdo a las necesidades y compromisos específicos de los departamentos que hacen parte de ella. Para el departamento del Atlántico, siguiendo el marco conceptual del MIZC, en el 2005 el INVERMAR y la CRA avanzaron en el ‘Ajuste y actualización del diagnóstico y zonificación de los manglares de la zona costera del departamento del Atlántico’. Consecutivamente y en compromiso con la Pnaoci, este trabajo fue insumo para “generar las bases para el ordenamiento y gestión ambiental de la ZC del departamento del Atlántico”, que permitieron la identificación y priorización de acciones para su desarrollo sostenible, realizado en convenio INVERMAR-CRA durante el 2006.</p> <p>Por otro lado la planificación ambiental en el departamento de Bolívar ha avanzado en temas como: (i) El Plan de Manejo Ambiental de la Ciénaga de la Virgen (CV) para la recuperación de las condiciones hidráulicas, sociales y ambientales; (ii) Síntesis diagnóstica de los actores y gestores involucrados en la problemática y conflictos ambientales en las ecorregiones Canal del Dique y ZC Ciénaga de la Virgen, realizado por Cardique; (iii) El desarrollo de acciones y estrategias para priorizar áreas de conservación de áreas marinas, costeras insulares, estuarinas y continentales (Cardique-TNC); (iv) El proyecto “Construcción de capacidad de adaptación ante el acelerado aumento del nivel del Mar -</p>			



Nombre de la unidad integral	Estado de avance					
Nombre de la UAC	Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Lineamientos	Reglamentación	Esquema Institucional
Caso Cartagena, el cual permitió determinar sectores críticos y priorizar objetivos para reducir la vulnerabilidad biogeofísica, económica e institucional, y (v) Cardique inició en el 2007 el proyecto "Implementación y zonificación del manglar", el cual incluye reforestación participativa local, actualización de la zonificación de manglares de la jurisdicción e implementación a futuro del Plan de Manejo del Manglar.						
UAC Estuarina del Río Sinú y el Golfo de Morrosquillo	Delimitación. Desde el delta del Canal de Dique hasta Punta Caribaná, en el departamento de Antioquia. Incluye el archipiélago de islas de San Bernardo.					
	Esta UAC en el 2000 fue uno de los procesos piloto en el marco de la implementación de la Phaoci, el cual se realizó con la participación del entonces Ministerio de Ambiente, INVENMAR, CVS y Carsucre, contando con la financiación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). En esta etapa se realizó la caracterización biofísica, socioeconómica y de gobernabilidad, el diagnóstico integrado y se propuso una zonificación preliminar del área. Los insumos de este ejercicio piloto sirvieron para el desarrollo del marco metodológico para abordar el MIZC en Colombia metodología COLMIZC.	Entre el 2009 y 2010 se realizó la actualización del diagnóstico integrado y la zonificación, y se elaboró la propuesta de trabajo para la fase II de la UAC Morrosquillo en la zona costera del departamento de Córdoba.				
	Por otra parte, esta UAC incluye la jurisdicción de cuatro departamentos costeros que a través de sus CAR han adelantado convenios o alianzas estratégicas para la formación y capacitación en manejo, aprovechamiento y conservación de ecosistemas entre corporaciones, grupos comunitarios y entidades públicas como el Sena, la academia y ONG. En este marco se apunta a la formulación de planes de manejo de humedales y otros ecosistemas estratégicos o compartidos, lagunas y ciénagas como es la implementación del Distrito de Manejo Integrado DMI del área de manglar de Cispatá y sector aledaño del delta del río Sinú. El 'Programa de conocimiento, conservación y uso sostenible de la biodiversidad' es un avance tangible para la conservación <i>in-situ</i> y <i>ex-situ</i> de los recursos que se enmarca en la implementación del Plan de Acción Departamental de Biodiversidad propuesto en el PAT 2007-2009. Otros avances apuntan a fortalecer el Sina, mediante la implementación del sistema de información ambiental de la CVS (CVS, 2008).					
UAC Darién	Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Lineamientos	Reglamentación	Esquema Institucional
	Delimitación. Desde Punta Caribaná hasta Cabo Tiburón (Frontera con Panamá) en el departamento del Chocó.	En el 2003 se realizó la caracterización y diagnóstico biofísico y socioeconómico de la UAC. En 2006 se realizó la				

Nombre de la unidad integral	Nombre de la UAC	Estado de avance
		<p>actualización de este diagnóstico y se incorporó el componente de gobernabilidad en el análisis; además se llevó a cabo el diagnóstico integrado como línea base para la zonificación ambiental y lineamientos de manejo integrado, y se realizaron talleres de concertación, socialización y participación de comunidades y entidades locales.</p> <p>En el 2007, en el marco del convenio entre INVERMAR, Corpourabá y la Gobernación de Antioquia y la colaboración de <i>Centre National de la Recherche Scientifique</i> (CNRS, por sus siglas en inglés), se formularon los lineamientos de manejo integrado; la zonificación ambiental y la propuesta de modelo administrativo para el manejo del área; se realizaron talleres de concertación, socialización y participación de comunidades y entidades locales, y Corpourabá adoptó los lineamientos de manejo mediante resolución. Asimismo, se publicó el 'Atlas del Golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó' y el documento de los lineamientos de manejo. A partir del 2008 se ha propiciado la incorporación de los lineamientos de manejo a los procesos de ordenamiento territorial en el área.</p>
	<p>Preparación</p> <p>Caracterización</p> <p>Diagnóstico</p> <p>Lineamientos</p> <p>Reglamentación</p> <p>Esquema Institucional</p>	<p>Delimitación. Representada por todas las áreas marinas jurisdiccionales de Colombia en el Mar Caribe a partir de la isóbata de los 200 m, límite convencional de la plataforma continental o insular.</p> <p>En el 2008, como aporte a la caracterización de esta unidad ambiental, se encuentran los avances en la identificación de áreas significativas para la biodiversidad, en los ambientes marinos profundos del Caribe colombiano (170 a 3000 m), definidas a partir de la identificación de objetos de conservación como elementos de diversidad biológica o sustitutos de ésta, los cuales operan como ejes que permiten enfocar los esfuerzos de planificación a diferentes niveles de organización biológica (paisajes, ecosistemas, hábitats, comunidades y especies). A su vez, las ASB definidas se constituyen en la base para desarrollar a futuro acciones de investigación, manejo y conservación de estos espacios marinos y así garantizar la representatividad de la diversidad biológica del Caribe colombiano.</p>
<p>Unidad integral de planificación Pacífico</p>	<p>UAC Alto Chocó</p>	<p>Delimitación. Desde la frontera con Panamá (Hito Pacífico) hasta Cabo Corrientes en el departamento del Chocó.</p> <p>En el 2008 se propuso al MAVDT seguir la metodología COLMIZC, iniciando la fase de preparación con una capacitación en MIZC a las comunidades locales, obteniendo como producto una fotomemoria con la capacitación e insumos para caracterización, diagnóstico, zonificación ambiental y lineamientos de manejo de la UAC Alto Chocó. Como consecuencia</p>

Nombre de la unidad integral	Estado de avance			
Nombre de la UAC de la UAC	de este taller se determinó cambiar el nombre de la UAC Alto Chocó ya que las comunidades no se identificaban con ese nombre y se determinó llamarla UAC Pacífico Norte Chocoano.			
	En el 2009 se realizó la caracterización y diagnóstico biofísico, socioeconómico y de gobernabilidad como insumos para el diagnóstico integrado, la zonificación ambiental y los lineamientos de manejo. Igualmente, Codechocó ha adelantado el proceso de zonificación de los manglares; para el área del golfo de Tribugá se ha trabajado con las comunidades locales en la identificación de estrategias de conservación para la zona costera (incluyendo la zonificación y plan de manejo de los manglares), proceso en el cual han participado entidades como el MAVDT, Fundación Marviva, WWF, Codechocó e INVEMAR, entre otros.			
UAC del Frente del río Baudó - río Docampadó	Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Esquema Institucional
	Delimitación. Desde Cabo Corrientes hasta el delta del río San Juan en el departamento del Chocó.			
	Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Esquema Institucional
UAC Málaga-Buenaventura	Delimitación. Desde el delta del río San Juan (inclusive), en el departamento del Chocó, hasta la boca del río San Juan de Micay en el departamento del Cauca.			
	Proceso liderado por CVC. Se obtuvo información cartografía temática requerida para el proyecto y la zonificación ecológica por parte del INVEMAR y se conformó el Comité MIZC Valle del Cauca desde 1999. En el marco de la reactivación de este Comité, durante 2006, se coordinó y organizó la asesoría técnica y consulta enfocadas al uso sostenible de los recursos naturales, conservación, protección de la zona costera y el mejoramiento de la calidad de vida de la región. Las reuniones y talleres del comité permitieron identificar las capacidades institucionales, y definir los alcances y proyectos en áreas prioritarias y de valor bioeconómico. Es así como se desarrolló el proyecto interinstitucional INVEMAR-Univalle-Inciva, cofinanciado por Colciencias, 'Biomálaga' -Bases científicas y valoración de la biodiversidad marina y costera de Bahía Málaga, como instrumento para ser considerada AMP, lo cual es un avance al permitir desarrollar procesos colectivos, institucionales y comunitarios enfocados al turismo sostenible e investigación.			
	De la misma manera y en el marco del MIZC la Fundación Cenipacífico, mediante un colectivo comunitario e institucional avanzó en la concertación para el establecimiento de un Mosaico de Conservación de Bahía Málaga, que incluye la declaratoria de un Distrito de Manejo Integrado (DMI) continental y un AMP marino-estuarina como estrategia para concertación de intereses y articulación de visiones desde la perspectiva del OAT.			

Nombre de la unidad integral	Nombre de la UAC	Estado de avance					
		Preparación	Caracterización	Diagnóstico	Lineamientos	Reglamentación	Esquema Institucional
		<p>Delimitación. Desde la boca del río San Juan de Micay (inclusive), en el departamento de Cauca, hasta la boca del río Mataje (Hito Casas Viejas-Frontera con Ecuador), en el departamento de Nariño. Incluye las islas Gorgona y Gorgonilla.</p>					
	<p>UAC Llanura Aluvial del Sur</p>						
		<p>Como parte de los proyectos piloto en el marco de los lineamientos de política de zonas costeras se desarrolló desde 1999 el proyecto de MIZC a escala local en la UMI Guapi-Iscuandé, la cual hace parte de la UAC-LLAS. En el marco de este proyecto se desarrolló la caracterización y diagnóstico biofísica, socioeconómica y de gobernabilidad; la identificación de problemáticas del área; la zonificación ambiental y la formulación del plan de manejo integrado del cual actualmente se encuentra en funcionamiento el Comité Local MIZC. Se entregaron dos publicaciones del área: una con la caracterización y diagnóstico, y otra con zonificación y plan de manejo. A partir del 2004 se han trabajado las demás áreas de la UAC-LLAS; en el 2006 se obtuvo la caracterización por componentes, el diagnóstico integrado y la zonificación ambiental. Como productosse han obtenido el documento publicado con los resultados, la socialización con los actores locales, la cartografía temática. En 2007 se realizó la zonificación ambiental e insumos para los lineamientos de manejo construidos participativamente con los actores locales; y en 2008 se elaboró el plan de manejo integrado y la definición de estructura administrativa de manejo.</p>					

Nombre de la unidad integral	Nombre de la UAC	Estado de avance
		zonificación, realizó la caracterización y zonificación de los manglares ubicados en los municipios de Timbiquí, López de Micay y Guapi.

Delimitación. Representada por todas las áreas marinas jurisdiccionales de Colombia en el océano Pacífico a partir de la isobata de los 200 m, límite convencional de la plataforma continental o insular.

Se han tenido algunos avances en la definición de un modelo de complejidad biótica basado principalmente en información física. Sin embargo, aún no se tienen avances que permitan afinar la propuesta con información biológica con miras a definir a futuro Áreas Significativas para la Biodiversidad.

*En la UAC Magdalena los avances han sido parciales para ciertas áreas de la zona costera.

**En las UA Océánicas los avances han sido hasta la etapa de caracterización usando básicamente modelación ecológica. Sin embargo, falta integración de mayor información y análisis especial en ciertas áreas.

11.3.2 Fortalecimiento de capacidades en manejo integrado costero: número de personas capacitadas

En el ámbito nacional, subnacional y local, el entrenamiento en temas MIZC y AMP de profesionales y funcionarios públicos constituye una prioridad para el entendimiento e incorporación de los temas marinos y costeros en la planeación, ordenamiento territorial, gestión de áreas protegidas y la academia. Estos cursos se han realizado con el objetivo de fortalecer la capacidad técnica de las instituciones del Sina, incluidos los entes territoriales con injerencia costera y consolidar un grupo interdisciplinario de profesionales que contribuyan al MIZC y AMP en el país, mediante el entrenamiento en conceptos, contexto internacional y nacional del tema, métodos y aplicación mediante casos de estudio, que contribuyan en la toma de decisiones para el manejo de las zonas marinas y costeras en Colombia.

Desde 1999 el INVEMAR y el MAVDT han promovido cursos anuales sobre MIZC, cada uno de ellos ha sido revisado y evaluado en su programación y métodos, para una buena aplicación de acuerdo con el área y escala geográfica, lo cual ha dejado experiencias y conocimientos particulares en los actores, entes locales, regionales y nacionales en todo el territorio costero colombiano.

En los años 2006 y 2007 una alianza con la academia (Universidad del Norte en Barranquilla) permitió llevar el curso a nivel de diplomado. Desde 2008 módulos del curso MIZC han sido incorporados a nivel de maestría, acorde con el convenio suscrito con la Universidad del Magdalena en Santa Marta y recientemente se trabaja en una especialización en conjunto con la Universidad Autónoma de Occidente en Cali. A través de los años esta estrategia de fortalecimiento de capacidades para el MIZC, ha permitido consolidar un grupo interdisciplinario e interinstitucional vinculado a la investigación, el manejo, la conservación, monitoreo y enseñanza sobre los espacios oceánicos y zonas costeras e insulares de Colombia. Uno de los resultados de este proceso de capacitación que se ha llevado por más de diez años ha sido la puesta en marcha de la Red Nacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras (RedCostera).

En el marco de las acciones que en Colombia se han realizado para posicionar el tema de AMP y la consolidación del SAMP, como principal instrumento de conservación y protección de áreas de particular importancia ecológica, socioeconómica y cultural, una de las prioridades identificadas ha sido el fortalecimiento de capacidades en las instituciones que en el país tienen relación con la gestión de las AMP. En este contexto INVEMAR, en asocio con otras entidades nacionales e internacionales, ha realizado tres versiones de cursos de capacitación en AMP (2004, 2005 y 2010).

En la Tabla 11.III se describe el cálculo del indicador de fortalecimiento de capacidades donde se especifica el nombre del curso, el año de realización y el número de personas capacitadas en cada evento de capacitación, que incluye cursos nacionales, locales y diplomados. En la Figura 11.5 se indica el acumulado de personas capacitadas y la Figura 11.6 señala el número de personas capacitadas por departamento.

Tabla 11.III Cálculo del indicador fortalecimiento de capacidades para el MIZC.

Nombre del curso	# de personas en T_i	# personas capacitadas T_i + # personas capacitadas T_{i+1}
Curso Nacional MIZC Santa Marta (1999)	13	13
Curso Nacional MIZC Santa Marta (2000)	17	30
Curso Nacional MIZC Santa Marta (2001)	25	55
Curso Nacional MIZC Tumaco (2002)	25	80
Curso Nacional MIZC Riohacha (2003)	18	98
Curso Nacional MIZC Buenaventura (2004)	20	118
Curso AMP Santa Marta (2004)	45	163
Curso Nacional MIZC Buenaventura (2005)	16	179
Curso Local MIZC Arboletes (2005)	73	252
Curso AMP Santa Marta (2005)	63	315
Curso Local MIZC Guapi (2006)	30	345
Diplomado MIZC Barranquilla (2006)	11	356
Curso Nacional MIZC San Andrés (2007)	15	371
Diplomado Barranquilla (2007)	12	383
Curso Nacional MIZC Bahía Solano (2008)	25	408
Curso Nacional MIZC Cali (2009)	17	425
Curso Nacional MIZC Santa Marta (2010)	24	449
Curso AMP Santa Marta (2010)	26	475

En total se han capacitado 475 personas entre estudiantes, comunidad local, representantes de las CAR, UAESPNN y MAVDT, entre otros. Para el desarrollo de los cursos se han invitado a 26 expositores nacionales y seis expertos internacionales de Brasil, Chile, Estados Unidos, Ecuador y España, entre otros: John Clark (Q.E.P.D), Juan Manuel Barragán, Michael Marshall, José Ramón Delgado, Georges Vernet y Marínez Scherer.

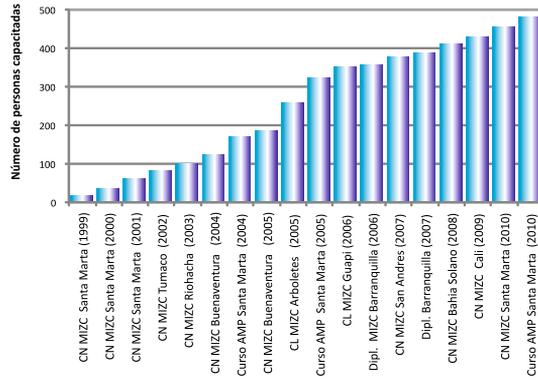


Figura 11.5 Número de personas capacitadas en MIZC y AMP.

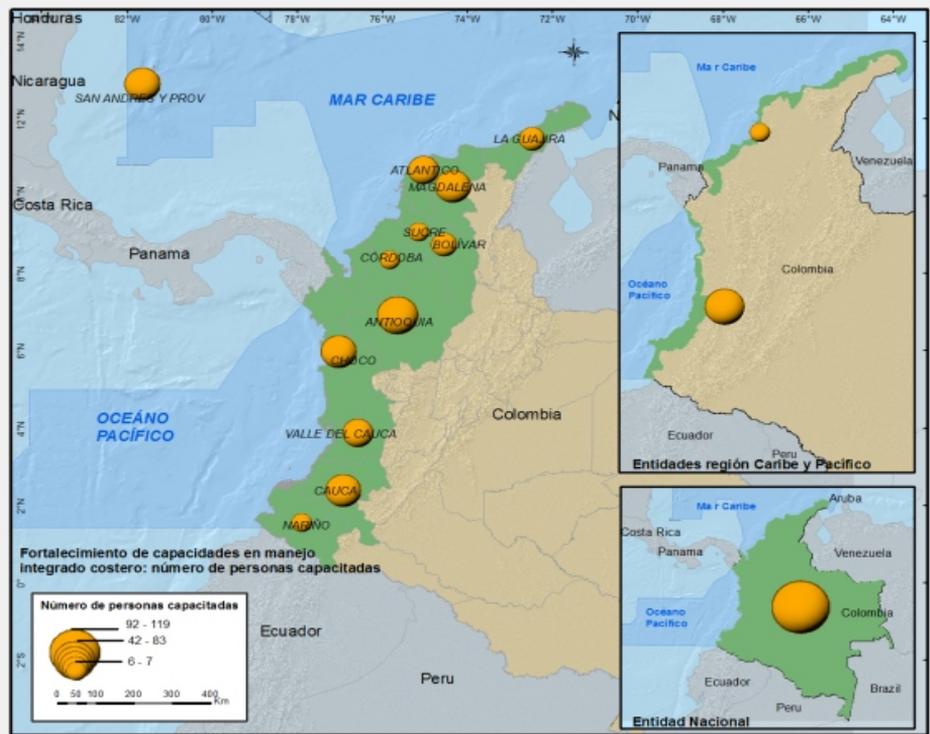


Figura 11.6 Número de personas capacitadas en MIZC y AMP por departamento.

11.4 Literatura citada

- DNP. 2006. Proyecto de aprendizaje e innovación para el desarrollo sostenible de la Sierra Nevada de Santa Marta – PAIDS. Departamento Nacional de Planeación, Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta y Banco Mundial, Santa Marta, Colombia. 148 p.
- DNP. 2007. 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino Costero en forma eficiente y sostenible. Dirección Nacional Marítima DIMAR Departamento Nacional Planeación DNP, Bogotá, Colombia. 101 p.
- MMA. 2001. Ministerio del Medio Ambiente. Política Nacional Ambiental Para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia – PNAOCI. 95 p.
- Rojas, X., P. Sierra-Correa, P. Lozano-Rivera, y A. López-Rodríguez. 2010. Guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia, manual 2. Serie de documentos generales INVEMAR No. 44 INVEMAR, Santa Marta.
- Steer, R., F. Arias-Isaza, A. Ramos, P. Sierra-Correa, D. Alonso, y P. Ocampo. 1997. Documento base para la elaboración de la “Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas”. Documento de consultoría para el Ministerio del Medio Ambiente, Santa Marta. 390 p.



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

"José Benito Vives de Andrés" INVEMAR

Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Cerro Punta Betín.
Santa Marta D.T.C.H.
PBX: (+57)(+5) 432 86 00
Fax: (+5) 432 86 94
A. A. 1016
www.invemar.org.co